

**METHODISCHE, ÖKOLOGISCHE UND EXPERIMENTELLE
UNTERSUCHUNGEN ZUR SUKZESSION DER MESOFAUNA
DER ABDECKSCHICHT EINER BAUSCHUTTDEPONIE
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER
GAMASINA (ACARI, PARASITIFORMES)**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. rer. nat.

des Fachbereichs 2, Biologie/Chemie

der Universität Bremen

vorgelegt von

Hartmut Koehler

aus Erlangen

Bremen, Oktober 1984





Digitized by the Internet Archive
in 2026

METHODISCHE, ÖKOLOGISCHE UND EXPERIMENTELLE
UNTERSUCHUNGEN ZUR SUKZESSION DER MESOFAUNA
DER ABDECKSCHICHT EINER BAUSCHUTTDEPONIE
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER
GAMASINA (ACARI, PARASITIFORMES)

von

Hartmut Koehler

1. Gutachter: Prof. Dr. Gerhard Weidemann

2. Gutachter: Prof. Dr. Harald Witte

Inhaltsübersicht

	Seite
0. Vorwort	2- 7
 I. Versuche zum Emigrationsverlauf von Bodenarthropoden bei der Extraktion mit einem Auslesegerät nach Macfadyen	 8- 48
1. Einleitung	
2. Material und Methode	
3. Ergebnisse	
4. Diskussion	
5. Zusammenfassung	
6. Literatur	
 II. Die Bodenmesofauna von vier verschiedenen Flächen des Bremer Umlandes	 49-111
1. Einleitung	
2. Probeflächen, Material und Methode	
3. Ergebnisse	
4. Diskussion	
5. Zusammenfassung	
6. Literatur	
 III. Die Mesofauna der Abdeckschicht einer Bauschuttdeponie: Besiedlung und Sukzession unter besonderer Berücksichtigung der Gamasina (Acari)	 112-259
1. Grundlagen und Problemstellung	
2. Material und Methode	
3. Die Probeflächen im Spiegel der Arbeiten anderer Autoren	
4. Ergebnisse der Untersuchungen des Abiozöns	
5. Ergebnisse der zooökologischen Untersuchungen	
6. Diskussion	
7. Zusammenfassung	
8. Literatur	
 IV. Experimentelle Ansätze zur Analyse von Besiedlung und Sukzession	 260-307
1. Einleitung	
2. Material und Methode	
3. Ergebnisse der Käfig- und Laborversuche	
4. Der Einfluß der Anreicherung des Bodens mit Wiesenstreu	
5. Diskussion	
6. Zusammenfassung	
7. Literatur	
 V. Schlußbetrachtung	 308-309
Anhang: Zusammenstellung einiger grundlegender Tabellen.	a1- a31

Die vorliegende Arbeit ist in das Projekt "Rekultivierung von Mülldeponien" aus dem Forschungsschwerpunkt "Stabilitätsgrenzen biologischer Systeme" der Universität Bremen eingebettet. Trotz der angestrebten Verknüpfung mit den Untersuchungen der anderen Mitglieder der Arbeitsgruppe, verfolgt die vorliegende Arbeit einen eigenständigen Forschungsplan, um die Besiedlung der Abdeckschicht einer Bauschuttdeponie durch die Mesofauna und ihre Entwicklung zu studieren. Besondere Berücksichtigung erfahren die Gamasina (Acari, Parasitiformes).

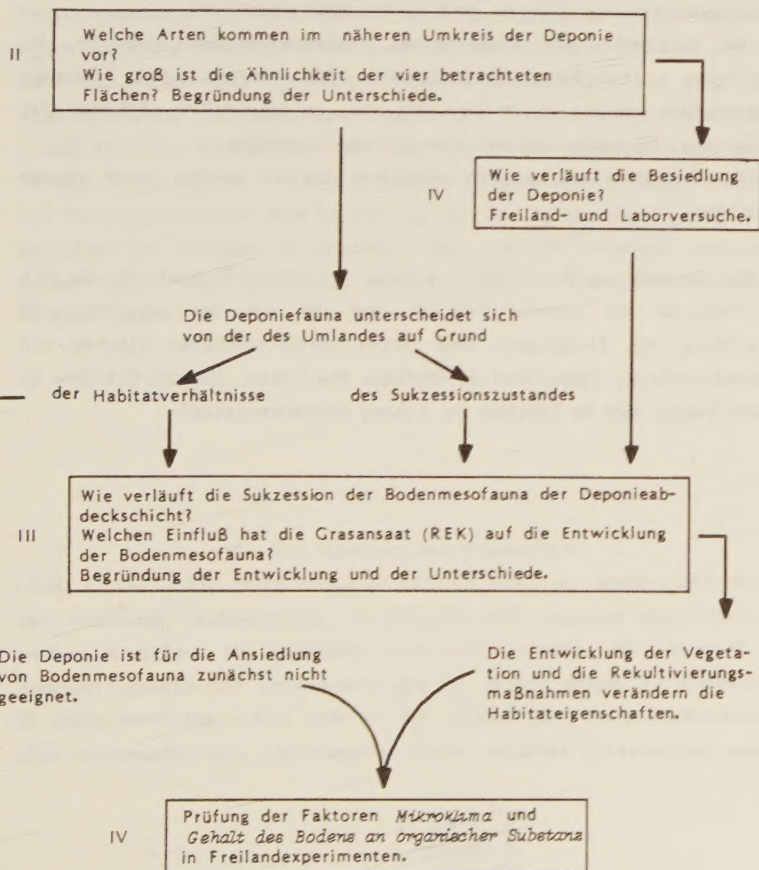
Die Mesofauna-Untersuchungen wurden im Februar 1978 mit der Erfassung eines Jahresganges einer Wiese im Umland der Siedenburg-Deponie (Bremen-Walle) begonnen. Seit Anfang 1979 befinden sich auf dieser Bauschuttdeponie die Forschungsflächen des Projektes "Rekultivierung von Mülldeponien" (Univ. Bremen, Leiter Prof. Dr. G. Weidemann). Ab Mai 1979 wurden die Flächen der Deponie in den Probenahmeplan der bodenzologischen Untersuchungen aufgenommen. Nach Beendigung einer teilweisen Planierung der Abdeckschicht im April 1980 (Anlage ausgedehnter Forschungsflächen) wurde ausschließlich die Erfassung der Bodenfauna der Deponie betrieben. Insgesamt wurden bislang ca. 2000 Proben genommen. Die im Rahmen dieser Arbeit geschilderten Befunde basieren auf 947 Proben (ohne die Versuche zur Methodik) mit insgesamt 92568 ausgezählten Tieren: 46926 Collembolen und 41672 Milben, davon 3940 Gamasina.

Die Arbeit ist in vier in sich abgeschlossene Teile gegliedert:

- I. "Versuche zum Emigrationsverlauf von Bodenarthropoden bei der Extraktion mit einem Auslesegerät nach MACFADYEN."
Untersuchungen zu den neu gebauten Extraktionsapparaten und zur Extraktionsmethodik.
- II. "Die Bodenmesofauna von vier verschiedenen Flächen des Bremer Umlandes."
Erfassung des Spektrums der potentiellen Besiedler der Deponie (Untersuchung der Mesofauna von Böden des Umlandes der Deponie) und der Mesofauna einer Altfläche der Deponie.
- III. "Die Mesofauna einer Deponieabdeckschicht: Besiedlung und Sukzession unter besonderer Berücksichtigung der Gamasina."
Beobachtung der Sukzession der Bodenmesofauna einer rekultivierten (REK) und einer der natürlichen Sukzession überlassenen Fläche (SUK) nach der Schaffung eines Nullzustandes durch Planierung (Sukzessionsbeginn t_0 = April 1980).
- IV. "Experimentelle Ansätze zur Analyse von Besiedlung und Sukzession."
Freiland- und Laborexperimente zu Besiedlung und Sukzession.

Der erste Teil der Arbeit befaßt sich mit der Verläßlichkeit der Datenbasis. Methodische Untersuchungen sind notwendig, da die Gültigkeit von Vergleichen der Mikroarthropodendichten verschiedener Habitate gänzlich von der Effizienz der Extraktionsmethode abhängt. Die verschiedenen Extraktionsmethoden geben unterschiedliche Resultate und die Effizienz ein und derselben Methode kann von Habitat zu Habitat variieren (WOOD 1967).

Die Teile II bis IV stehen über die folgenden Hypothesen und Fragen miteinander in Beziehung:



Zur Ansprache der Gruppen und zur Determination der Gamasina-Arten wurden folgende, in den Methodenteilen nur z.T. angegebene Standardwerke benutzt:

BAKER & WHARTON (1952), EVANS (1957), KARG (1971), KRANTZ (1978), STAMMER (1959).

Weiterhin wurde zur Determination der Gamasina auf Spezialliteratur zurückgegriffen.

Die Nomenklatur folgt aus pragmatischen Gründen KARG (1971). Abweichend davon wurde die Gattung *Sejus* im 1. Teil nach KARG (1981) *Cheiroseius* genannt. Die bei KARG (1971) nicht aufgeführte Art *Protogamasellus dispar* wurde nach KARG (1977) bestimmt.

Die Ansprache der Arten wurde dankenswerterweise von Dr. W. Hirschmann, Fürth/Bay., begutachtet. Die Arten der Gattung *Dendrolaelaps* wurden exakt überprüft. Neu zu beschreiben sind eine Art der Gattung *Dendrolaelaps* und eine Art der Uropodina.

Die Gamasina sind sämtlich präpariert und die meisten Arten wurden gezeichnet.

Die Darstellung der Befunde erfolgt hauptsächlich grafisch, da sich der Hauptteil der Arbeit (Teil III und IV) mit der vergleichenden Betrachtung von Tiergruppen und -arten unterschiedlicher Flächen und Bodenschichten im Zeitverlauf beschäftigt. Die Daten, die den Grafiken zu Grunde liegen, sind in Tabellen im Anhang zusammengefaßt.

Die Untersuchung wurde zum größten Teil von der Universität Bremen im Rahmen des Forschungsschwerpunktes "Stabilitätsgrenzen biologischer Systeme" gefördert.

Ich danke Herrn Prof. Dr. G. Weidemann für die Anregung und Ermutigung zu dieser Arbeit und für Unterstützung und wissenschaftlichen Rat. Für ihre Hilfe beim Auszählen der Proben bin ich Frau M. Moritz verbunden. Die bodenkundlichen Untersuchungen erledigten dankenswerterweise Frau I. Hilbrich und Frau A. Lindstrot. In zahlreichen Diskussionen trugen die Mitglieder der Arbeitsgruppe zur Fertigstellung der Arbeit bei. In die mystischen Bereiche des Computers wies mich Frau K. Mathes ein, und Herr Dr. W.-M. Kähler half mir, die Hürden des SPSS-Grafik Programmpaketes zu überwinden. Herr Dr. J. Schauer mann, Göttingen, unterstützte die Bewältigung der methodischen Probleme mit Rat und Tat. Herr Dr. Hirschmann, Fürth/Bay., opferte Wochenenden und trug damit wesentlich dazu bei, die ersten Klippen der Taxonomie der Gamasina zu umschiffen. Die mechanische Werkstatt des Hauses fabrizierte aus groben Skizzen hervorragende Geräte. Zahlreiche ungenannte Freunde, Bekannte und Verwandte setzten sich bereitwillig mit den Milben auseinander, wobei besonders die Musiker zu erwähnen sind, die die Probleme von einer anderen Warte sehen konnten (s. SATCHELL, 1977). Ihnen allen sei hiermit herzlich gedankt.

Das Konzert der Bodentiere

(Abb. 1, SATCHELL 1977, Original PÄSLER 1982) ist meist nicht, wie in der Abbildung, wahrnehmbar. Es entzieht sich unserem Verständnis als weißes Rauschen. Im folgenden wird nun versucht, die Stimmen der Bodenarthropoden und insbesondere die der Milben hörbar zu machen. Ob es einen Wohlklang ergibt oder ob die Spielart der Tiere unverständlich, ohne systematisierbare Anhaltspunkte bleibt, wird die Untersuchung zeigen.



Literatur:

- BAKER, E.W., & WHARTON, G.W., 1952. An Introduction to Acarology. Macmillan, New York.
- EVANS, G.O., 1957. An introduction to the British Mesostigmata (Acarina) with keys to families and genera. J. Linn. Soc.-Zool., 43, 203-259.
- KARG, W., 1971. Acari (Acarina), Milben, Unterordnung Anactinochaeta, (Parasitiformes). Die freilebenden Gamasina (Gamasides, Raubmilben). In: DAHL, F., (Hg.), Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeressteile, 59. Teil, VEB Gustav Fischer, Jena.
- , 1977. Die Gattung Protogamasellus KARG, 1962. Dtsch. Ent. Z. N. F., 24, 407-410.
- , 1981. Die Raubmilbengattung Cheiroseius BERLESE, 1916. Zool. Jb. Syst., 108, 51-69.
- KRANTZ, G.W., 1978. A manual of acarology. Oregon St. Univ. Book Stores, Inc., Corvallis.
- SATCHELL, J.E., 1977. Earthworms- the trombones of the grave. Closing presidential address. Soil Org. as Comp. of Ecosystems, Ecol. Bull. (Stockholm) 25, 598-603.
- STAMMER, H.-J., 1959. Beiträge zur Systematik und Ökologie mitteleuropäischer Acarina, I und II, Akad. Verlagsges., Leipzig.
- WOOD, T.G., 1967. Acari and Collembola of moorland soils from Yorkshire, England. 1. Description of sites and their populations. Oikos, 18, 102-117.

I. Versuche zum Emigrationsverlauf von Bodenarthropoden bei der Extraktion mit einem Auslesegerät nach MACFADYEN.

	Seite
1. Einleitung	9
2. Material und Methode	12
2.1 Probeflächen	12
2.2 Probenahme	12
2.3 Extraktionsgerät	13
2.4 Extraktionsverlauf und Präparation	14
2.5 Versuchsdurchführung	16
3. Ergebnisse	18
3.1 Ergebnisse der Vorversuche zu den Geräteeigenschaften	18
3.2 Ergebnisse der Versuche zum Emigrationsverlauf	18
3.3.1 Ergebnisse der Versuche zur Extraktion bei unterschiedlicher natürlicher Bodenfeuchte	23
3.3.2 Ergebnisse der Versuche zur Extraktion von Bodenproben mit experimentell herbeigeführten unterschiedlichen Bodenfeuchten	32
4. Diskussion	39
5. Zusammenfassung	44
6. Literatur	45

1. Einleitung

Für die Auslese von Bodenarthropoden finden sowohl mechanische als auch dynamische Methoden Verwendung. Die mechanischen Extraktionsverfahren erfordern die Aufschwemmung der Bodenproben in Medien unterschiedlicher Dichte und nutzen das spezifische Gewicht der Bodentiere oder Eigenschaften ihres Integuments für die Trennung vom Bodenmaterial. Die aktive Emigration der Tiere aus dem Boden als Reaktion auf anziehende oder abstoßende Stimuli ist die Voraussetzung der dynamischen Extraktionsverfahren. Meist liegt ihnen die Fluchtreaktion der Bodentiere vor Hitze und Trockenheit zu Grunde. In der Praxis bereitet die Extraktion von kleinen Bodenarthropoden dem quantitativ arbeitenden Ökologen trotz zahlreicher apparativer Verbesserungen Probleme. Davon zeugen zahlreiche Arbeiten bezüglich der Konstruktion und Verbesserung von Extraktionsapparaten (BERLESE 1905, TULLGREN 1918, HAARLÖV 1947, MACFADYEN 1953, 1961, LUSSENHOP 1971, BIERI et al. 1978) und bezüglich des Extraktionsverlaufs und der Effizienz der Methode (MACFADYEN 1955, HAARLÖV 1962, BLOCK 1966, BRADY 1969, EDWARDS & FLETCHER 1971, MARSHALL 1972, LASEBIKAN 1971, 1975, LASEBIKAN et al. 1978, PETERSEN 1978, VAN STRAALEN & RIJNINKS 1982). Das Prinzip der dynamischen Extraktion wurde von BERLESE (1905) erdacht und besteht darin, die Bodenproben von oben zu beheizen und von unten zu kühlen, um die Tiere mittels des so erzeugten Temperatur- und Feuchtegradienten nach unten in ein Auffanggefäß zu treiben. Die wichtigsten Veränderungen des ursprünglichen BERLESE-Apparates sind: die gleichzeitige Extraktion mehrerer Bodenproben in einem Gerät (FORD 1937); Einsetzen der Bodenproben mit der Oberseite nach unten (HAMMER 1944); die Beseitigung des Kondenswassers an der Probenunterseite und an der Trichterwand (HAARLÖV 1947); die Kontrolle der Luftfeuchtigkeit und die Erhöhung des Temperaturgradienten (high-gradient extractor; MACFADYEN 1953, 1962); der Ersatz der Trichter gegen Becher für kleine, intakte Bodenproben (canister extractor; MACFADYEN 1961); die automatische Temperatur- bzw. Heizleistungsregelung (SCHAUERMANN mündl.). Die Effizienz der Geräte wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst, z.B. Tierart und Entwicklungs-

stadium (LASEBIKAN et al. 1978), Jahreszeit (LEINAAS 1978), Bodenart (LASEBIKAN 1978), Probenahme, Extraktionsregime und durch den Betreiber (KÜHNELT 1961).

Die Funktion der Apparate kann durch die Dokumentation der Emigration der Tiere überprüft werden. Effizienzuntersuchungen vergleichen entweder zwei Extraktionsmethoden oder überprüfen die durch die automatische Austreibung erzielten Anzahlen mit Handauslese (HAARLÖV 1962). Die faktische Unmöglichkeit der Ermittlung einer absoluten Effizienz wird von PETERSEN (1978) erörtert. In VAN STRAALEN & RIJNINKS (1982) sind Ergebnisse von Untersuchungen zusammengestellt, die die Effizienzen von Extraktoren des Tullgren-Typs bestimmen. Die auf unterschiedliche Weise ermittelte Effizienz liegt bei ca. 2/3 der Untersuchungen über 80%.

Das dem Ausleseverfahren zu Grunde liegende Prinzip, die Tiere durch Verschlechterung ihrer Lebensbedingungen zur Wanderung und schließlich Flucht aus dem Boden zu veranlassen, wurde von VANNIER (1970) eingehend untersucht. Er kam zu dem Ergebnis, daß die meisten Tiere die Proben dann verlassen, wenn der pF-Wert unter den permanenten Welkepunkt ($pF = 4.2$) sinkt. Diese Reaktion ist zwischen ca. 10 °C und 30 °C zu beobachten. Unterhalb von 10 °C reagieren die Tiere nicht auf zunehmende Austrocknung des Bodens, da sie wegen der niedrigen Temperaturen in ihrer Aktivität sehr reduziert sind. Oberhalb von 30 °C fliehen sie hauptsächlich die hohen Temperaturen.

Bei Untersuchungen zum Einfluß der Bodenfeuchte auf die Extraktion von Oribatiden fand NEF (1971), daß ein Bodenwassergehalt von 20-25% (von Xeromasse) die kritische Schwelle für negatives bzw. positives geotaktisches Verhalten darstellt. Eine Flucht vor Trockenis konnte er nicht nachweisen. Den Effekt der Erwärmung versuchte NEF (1962) von dem der Austrocknung zu trennen, ohne jedoch zu eindeutigen Ergebnissen zu kommen. LASEBIKAN (1971) bestimmte die relativen Effizienzen der Emigration von Collembolen für eine während der Extraktion befeuchtete Stichprobe im Vergleich zu einer unbefeuchteten. Die Ergebnisse heben die Bedeutung sowohl einer langsamen Austrocknung der Probe als auch der Feuchte an der Bodenunterseite hervor, die ab einem Wert von ca. 90% rF die Tiere zur Emigration veranlaßt. Mit einer schnellen Austrocknung erzielte LASEBIKAN et al. (1978) bei sehr feuchten Böden jedoch bessere Resultate als mit einer langsamen. Dies ist jedoch auch von der Bodenart

abhängig. Die Bedeutung der behutsamen Gradientenentwicklung im Gegensatz zur bloßen Existenz eines Gradienten wird von LASEBIKAN (1975) betont.

Die in der vorliegenden Arbeit benutzten und in ihrer Funktionsweise dargestellten Extraktionsapparate wurden von WEIDEMANN entsprechend dem MACFADYEN-canister-Typ entworfen und gebaut und mit Hilfe von Meßergebnissen optimiert. Die Geräte werden hauptsächlich für die mesofaunistischen Untersuchungen der Abdeckschicht einer Bauschuttdeponie sowie der Böden des Bremer Umlandes im Rahmen des Projektes "Rekultivierung" der Universität Bremen und des vom BMFT geförderten Projektes "Bezugsökosystem Ödland" benutzt. Bei diesen bodenbiologischen Arbeiten werden Extraktionsergebnisse aus unterschiedlichen Böden (z.B. bei Vergleichen verschiedener Flächen oder bei der Extraktion mehrerer Bodenschichten) miteinander in Beziehung gesetzt. Es ist also notwendig, die relative Effizienz der Apparate von den oben beschriebenen Einflüssen möglichst unabhängig zu machen. Die im folgenden geschilderten Versuche dienten der Optimierung der Geräte und des Extraktionsregimes und der Überprüfung ihrer Effizienz bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen.

2. Material und Methode

2.1 Probeflächen

Die Proben für die Versuche zur Optimierung der Apparate und des Extraktionsregimes wurden auf einer brachliegenden Wiese des Bremer Umlandes (Blockland, Wümmemarsch; Beschreibung des Areals bei CORDES 1967) genommen. Der Boden dieser Naßwiese mit *Deschampsia caespitosa* und *Festuca rubra* als Dominanten ist als anmooriger Pseudogley anzusprechen.

Die Proben für die Versuche zur Extraktionseffizienz bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen stammen von der Experimentalfläche REK des 0,8 ha großen Plateaus einer etwa 20m hohen ehemaligen Bauschuttdeponie am Rande Bremens. (Die Fläche wurde im Rahmen des Projektes "Rekultivierung" der Bremer Universität eingerichtet.) Ihre 50-100 cm mächtige Abdeckschicht besteht vorwiegend aus lehmigem Sand mit stellenweise starkem Steinanteil. Im Winter 1979/80 wurden ca 60% des Plateaus planiert und so in einen Sukzessionsausgangszustand gebracht. Im Juni 1980 wurde der verdichtete Boden zweier Teilflächen oberflächlich gefräst und mit einer Grasmischung mit 5% Kräuteranteil eingesät (Rekultivierungsfläche REK). Eine genaue Flächenbeschreibung gibt WEIDEMANN (1985).

2.2 Probenahme

Die Bodenproben (25 cm^2 , 100 cm^3) wurden mit einem geschlossenen Bodenbohrer (DHILLON & GIBSON 1962) aus maximal vier Bodentiefen entnommen ("Horizonte" 0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm, 12-16 cm). Der Bohrer ist so konstruiert, daß die Bohrkernne einen etwas geringeren Durchmesser als die im Bohrer steckenden Plastikringe besitzen, so daß die Reibung und die damit verbundene Stauchung des Bodens möglichst gering ist. Die Probengröße von 100 cm^3 liegt nahe der von MOREAU (1961) ermittelten Optimalgröße von 85.5 cm^3 . Die Proben wurden mit der Oberseite nach unten in Plastikbecher (Fleischsalattöpfchen) mit Netzboden (1 mm Maschenweite) gestellt, die ihrerseits wiederum in Transportbechern standen. Die Becher können zugedeckelt werden.

Der Transport ins Labor erfolgte vorsichtig in einer Stahlschatulle, um Wasserverluste und Veränderung der Bohrkern zu vermeiden. Die Proben wurden unmittelbar nach der Probenahme dem Extraktionsverfahren unterworfen.

2.3 Extraktionsgerät

Es wurde eine prinzipieller Nachbau des MACFADYEN-canister-extractors verwendet. Das Gerät ist eine Holzkiste mit den Maßen 75cmx54cmx54cm, die einen unteren Teil mit Durchfluß-Wasserbad (Höhe 12cm) und einen aufklappbaren Deckel (Höhe 32cm) mit der Heizung besitzt. Um die von PETERSEN (1978) und LASEBIKAN (1975) beschriebenen und durch eigene Messungen belegten horizontalen Temperaturunterschiede und die Beeinflussungen durch die Raumtemperatur (MACFADYEN 1953) zu minimieren wurde der Apparat in 5mm starke Styroporplatten eingepackt. Der Deckel der Kiste hat vier kleine Lüftungslöcher (1 cm Ø) und wurde innen mit Asbest und wärmeabstrahlender Aluminiumfolie ausgekleidet, um die Heizung möglichst gut zu nutzen. Für das zu vermeidende Asbest stehen heutzutage empfehlenswerte Alternativprodukte zur Wahl. Die Heizung besteht aus zwei 1.5 mm starken, mit Isolation versehenen Aluminiumplatten, zwischen die 3 m "Heat by the Yard"-Heizschnur (1/2 Inch, Fa. ELECTROTHERMAL Ltd., London, England) in Meandern gelegt wurde. Die Heizplatte befindet sich 12 cm über den Proben.

Die Temperaturregelung erfolgte über ein Kontaktthermometer, das 3 cm über den Proben angebracht war. Die Heizleistung wurde über einen Transformator in drei Stufen zu 75W, 120W und 160W geregelt. Temperaturschichtungen im Gerät und die daraus folgenden unerwünschten Hystereseeffekte (AUCAMP et al. 1964) wurden durch einen in einem Loch in der Mitte der Heizplatte installierten regelbaren Ventilator zerstört. Der Luftzug konnte wegen einer unter dem Ventilator angebrachten durchlöchernten kleinen Aluminiumplatte die Bodenproben nicht direkt treffen.

Die kühle Kammer (Unterteil, Wasserdurchfluß) wurde von der warmen Kammer (Deckel, Heizplatte) durch eine 37 Öffnungen aufweisende Aluminiumplatte (3 mm stark) getrennt, deren Oberseite mit einer 5 mm dicken, mit Alufolie beklebten Polyurethanplatte belegt war, wodurch eine optimale Wärmedämmung erreicht wurde. Die Kühlung konnte durch unter der Aluplatte angebrachte, mit kleinen Löchern versehene Rohre intensiviert werden. Damit konnten die verwendeten Plastikbecher (7.5cm Ø, 9cm hoch) mit je 6 feinen Wasserstrahlen angestrahlt werden, um die Kühlung zu verstärken.

2.4 Extraktionsverlauf und Präparation

Die Bohrkerne wurden mit der Oberseite nach unten im Netzbecher in die Auffanggefäße eingesetzt. Die Verwendung von Plastik für die Ummantelung der Bohrkerne ist zu empfehlen, da dadurch der Temperatur- und Feuchtegradient auf Grund der Wärmeleiteigenschaften des Materials optimal von oben nach unten durch die Bodenprobe verläuft (HUGHES 1954 zit. in AUCAMP et al. 1964). Durch die hohe Kühlleistung des Gerätes erübrigt sich die Verwendung von Alu-Auffanggefäßen (MACFADYEN 1968).

Im Winter wurden die gefrorenen Proben im Kühlschrank aufgetaut. Ansonsten wurden die Temperaturen, ausgehend von der aktuellen Bodentemperatur, alle 24 Stunden um 5 K erhöht, bis eine Endtemperatur von ca 45 °C an der Probenunterseite erreicht war. Eine vorsichtige, langsame Erwärmung der Proben ist notwendig, um eine mögliche Schockreaktion der Tiere zu vermeiden (HAARLÖV 1947). Zum Ende der Extraktion wurde das Kühlwasser abgelassen, um die Temperatur der Probenunterseite zu erhöhen, damit evtl. sich dort aufhaltende Tiere zum Verlassen der Proben veranlaßt wurden. Der Temperaturgradient betrug maximal 12 K. Bis zu einer Temperatur von 35-40 °C (Probenoberseite) blieben die Proben zugedeckelt, so daß ein feuchtes Extraktionsregime herrschte. Die Kühlwassertemperatur betrug zwischen 8 °C und 12 °C (Kühlwasser aus dem Labor bzw. Leitungswasser).

Während der Extraktion wurden die Tiere in wässriger ca. 30%iger Pikrinsäure fixiert, für die weitere Aufbewahrung dann in 70%igen Alkohol überführt (KEMPSON et al. 1963). Die Trennung des Extraktionsgutes von der Pikrinsäure erfolgte durch einen in Göttingen (SCHAUERMANN) entwickelten Umschütttrichter, der mit einem Sieb von 50µm Maschenweite ausgestattet ist. Das Extraktionsgut wurde in 100 ml Rollrandgläschen aufbewahrt. Das Auszählen erfolgte unter dem Binokular. Bei stark verschmutzten Proben wurde mit Glycerin eine überwiegend organische Fraktion abgetrennt und ausgezählt, bevor die erdige Fraktion durchgemustert wurde, die dann nur noch wenigen Specimen enthielt. Alle Tiere wurden gezählt, die Milben in Gruppen getrennt und die Gamasina bis zur Art bestimmt. Die nicht zur Präparation gelangenden Tiere wurden in kleinen Gläschen aufbewahrt. Die Bestimmung der Gamasina erfolgte hauptsächlich nach KARG (1971), HIRSCHMANN (1957, 1959, 1960, 1971), MICHERDZINSKI (1969) und STAMMER (1963). Zur Präparation wurden die Tiere auf einer Heizplatte kurz in Milchsäure erhitzt (ca. 80 °C) und dann in Polyvinyl-Lactophenol (HIRSCHMANN 1966) eingebettet. Zur Sichtbarmachung von Oberflächenstrukturen bei der mikroskopischen Betrachtung eignet sich vorzüglich der Differential-Interferenz-Kontrast nach NOMARSKI. Die Abundanzwerte aller gefundenen Bodentiere (außer Nematoden) wurden in einer SPSS-Datei gespeichert und mit Hilfe von SPSS 9 bis zur grafischen Darstellung bearbeitet (BEUTEL et al. 1980, KÄHLER 1984).

Bei allen Versuchen wurden die Frischgewichte und die Trockengewichte (48 Stunden nach Abschluß der Extraktion bei 60 °C) ermittelt, um die aktuellen Wassergehalte zu bestimmen. Die Bohrkerne wurden für bodenanalytische Untersuchungen aufbewahrt.

2.5 Versuchsdurchführung

Zur Ermittlung der Geräteigenschaften wurden bei 20, 25, 30, 35, 40 und 50 °C die Temperaturen 1 cm, 3 cm und 5 cm unter der Heizplatte sowie auf der Trennplatte und auf der Probenober- und -unterseite in meist 5-minütigen Abständen gemessen (Abb.1). Die insgesamt 232 Messungen wurden mit Pt-100 Fühlern (1 cm $\varnothing$, 3 mm hoch, YELLOWSPRINGS) durchgeführt. Die Horizontalverteilung der Temperaturen im Gerät wurde in 96 Messungen bei ebenfalls unterschiedlichen Heiztemperaturen mit den YELLOWSPRINGS-Fühlern ermittelt.

Bei den Versuchen zum Emigrationsverlauf wurden die Extraktionsgefäße in regelmäßigen Abständen (ein bis zwei Tage) oder jeweils am Ende des feuchten bzw. trockenen Regimes gewechselt. Diese Untersuchungen wurden an insgesamt 74 Proben durchgeführt. Der Temperaturverlauf an der Probenober- und -unterseite wurde mit den oben erwähnten Pt-100 Fühlern verfolgt. Bei einem Experiment wurde der Gang der Bodenfeuchte mit elektronischen Mikrosensoren (Fa. KYBERNA) gemessen, die in die Bodenproben durch seitliche Bohrungen luftdicht eingeführt wurden. Die Fühler befanden sich im oberen und unteren Drittel der Proben.

Die Experimente zur Extraktion unterschiedlich feuchter Böden wurden zum Teil im Freiland, z.T. im Labor durchgeführt. Die große Trockenheit des Sommers 1982 ermöglichte die Freilandversuche, da dadurch eine naturtrockene und künstlich beregnete Variante eingerichtet werden konnten. Auf der Rekultivierungsfläche REK wurden kleine, unmittelbar neben den Probenahmequadraten liegende Flächen (ca. 1 m²) zwei Tage vor der Probenahme täglich mit ca. 5l Wasser gegossen (N1). Die Probenahme erfolgte am 3.10.82 und erstreckte sich für die naturtrockenen Proben (T1) lediglich auf den ersten Horizont. Die beiden Varianten wurden in demselben Extraktionsgerät extrahiert. Die Probengefäße wurden in regelmäßigen Abständen gewechselt.

Für die Laborversuche wurde anfang Dezember 1982 auf REK ein ca. 120 cm x 30 cm großer Grassoden ausgestochen und drei Tage auf dem Balkon des Labors unterschiedlichen Bedingungen unterworfen: ein Viertel der Grasmatte wurde den natürlichen, zu jener Zeit starken Regenfällen ausgesetzt (N-Variante), die restlichen drei Viertel standen vor Regen geschützt und wurden von einem Ventilator etwas getrocknet. Von diesem Material wurde ein Viertel vor der Extraktion benetzt (TN-Variante) und das letzte Viertel wurde zwei Tage bei Laborluft (ca. 40 % rF, TT-Variante) getrocknet und dann erst extrahiert. Die Probegefäße wurden nach Ende des feuchten Regimes gewechselt.

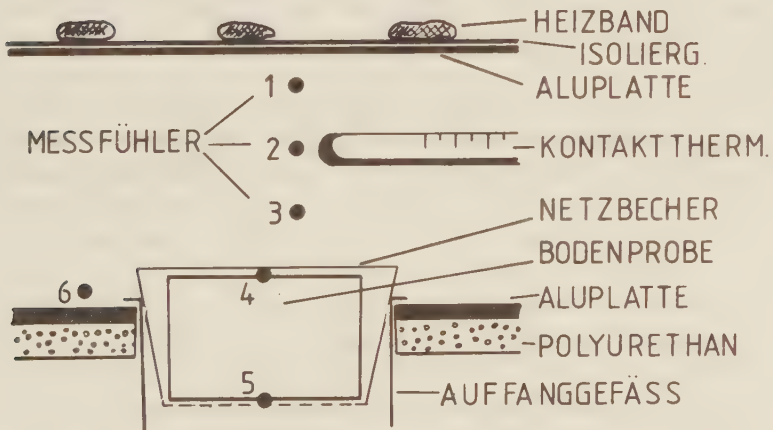


Abb. 1: Anordnung der Meßfühler für die Erfassung des vertikalen Temperaturgradienten.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der Vorversuche zu den Geräteeigenschaften

Die Messungen zur vertikalen Temperaturverteilung im Extraktionsgerät ergaben einen Gradienten von bis zu 13 K von der 1 cm unter der Heizplatte gelegenen Meßstelle (1) bis zur Meßstelle (4) an der Probenoberseite (Abb.1). Das Kontaktthermometer mißt auf der Höhe von Meßstelle 2.

Die Temperaturschichtung hat zur Folge, daß es besonders bei hoher Heizleistung zu einem ausgeprägten Überschießen der Temperaturen über den eingestellten Sollwert kommen kann, das umso größer ist, je weiter das Thermometer von der Heizung entfernt ist. Durch Einbau der 3-Stufen-Leistungsregelung und des Ventilators konnte dieses Problem überwunden werden. Minimale Overshoots werden durch eine kontinuierliche Leistungsregelung mit einer Elektronik erreicht, die hier jedoch keine Verwendung fand.

Die Messungen zur Horizontalverteilung der Temperaturen ergab bei niedrigen und hohen Sollwerten Unterschiede von der Mitte zum Rand des Gerätes, da die Raumtemperaturen dann entweder höher oder niedriger lagen als die Temperaturen im Gerät. Die Styroporverkleidung beseitigte diesen Effekt und erhöhte zugleich die Heizleistung des Apparats.

3.2 Ergebnisse der Versuche zum Emigrationsverlauf

Die vier Proben dieses Versuchs stammen von der Naßwiese aus den Bodentiefen 0-4, 4-8, 8-12, 12-16 cm. Die ersten beiden "Horizonte" sind humusreich, die beiden folgenden humos. Die Wassergehalte der Proben lagen mit 228 %, 202 %, 98 % und 78 % vom Trockengewicht besonders im zweiten Horizont erheblich über dem Mittel aus 6 Proben. Der Temperaturverlauf an der Probenober- und -unterseite und die Ausbildung des Temperaturgradienten sind in Abb.2 dargestellt.

TEMPERATURVERLAUF DER EXTRAKTION 02.04.79

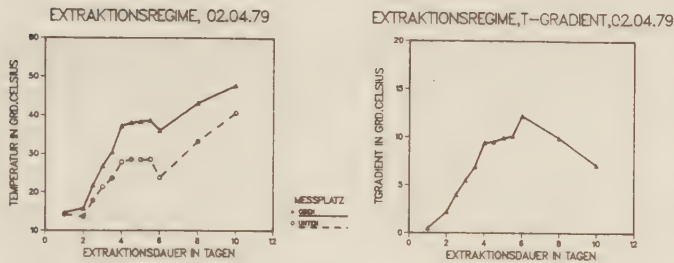


Abb. 2: Temperaturverlauf an der Probenober- und -unterseite und Ausbildung des Temperaturgradienten während der Extraktion.

Zunächst erfolgte ein rascher Anstieg der Temperaturen der Probenoberseite bei gleichzeitig starker Kühlung (Aufbau des Temperaturgradienten) bis zum vierten Tag, an dem eine Temperatur von fast 40 °C erreicht wurde. Diese Temperatur wurde einen Tag lang gehalten. Dann wurden die Deckel von den Probegefäßen genommen und die Temperatur zur Vermeidung von allzu plötzlicher Austrocknung gesenkt. Die folgende Austrocknungsphase beginnt mit einem hohen Gradienten, der langsam durch Reduzierung der Kühlung (Erhöhung der Temperatur an der Probenunterseite) abgebaut wird, damit die Tiere auch die Probenunterseite verlassen. Die Anzahlen der gefangenen Tiere sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1.

Brachliegende Wiese, Probenahme 2.4.79: Abundanzen der Tiergruppen in Ind/Probe (25 cm²).

Horizont	Coll	Prot	Acari	Gam	Uro	Ori	Sonst	Ench	Larv
0- 4 cm	54	0	557	37	15	431	74	39	11
4- 8 cm	65	36	254	23	3	84	134	53	4
8-12 cm	6	4	143	7	1	31	104	4	0
12-16 cm	8	63	83	0	0	23	60	0	0

Die Enchytraeidae und Larven wurden in die Auswertungen miteinbezogen, da ihr Austreten aus den Proben Hinweise auf den Feuchtezustand der Bodenproben geben kann. Die absoluten Anzahlen sind auf Grund der inadäquaten Methode jedoch unrealistisch. Der Emigrationsverlauf der in Tabelle 1 aufgeführten Tiere ist in Abb.3 dargestellt. Die frühzeitigen Emigrationen einiger Tiergruppen aus Proben der tieferen Schichten sind auf Grund der geringen Stichprobenzahl nicht überzubewerten. Auffallend ist das homogene Verhalten der Uropodina, Oribatei und Enchytraeidae aller Horizonte. Die Collembola verlassen zu einem hohen Anteil in der ersten feuchten Phase die Probe. Die Massenflucht beginnt bei 38/27 °C (Probenober-/unterseite). Der größte Teil der Acari verläßt erst bei Temperaturen von 44/34 °C den Boden, also mit zunehmender Erwärmung der Bodenunterseite. Die Gamasina und die meist prostigmaten Sonstigen wandern z.T. wesentlich früher aus als die Oribatei.

EXTRAKTION 2.4.79, 4 HORIZONTE, EMIGRATIONSVERLAUF

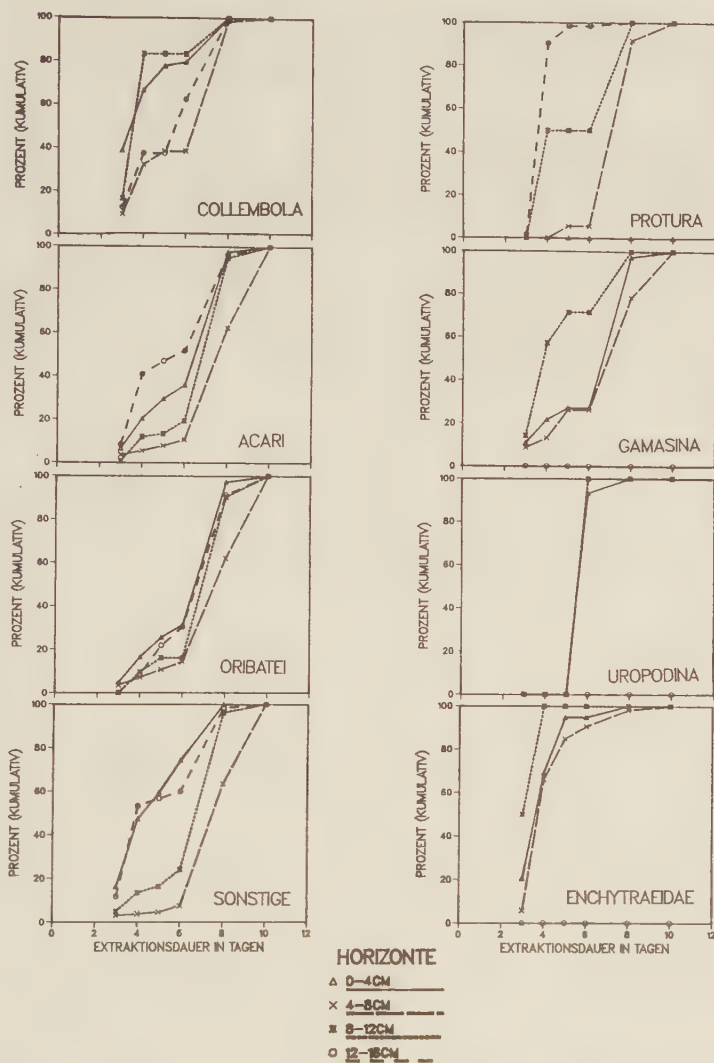


Abb. 3: Emigrationsverlauf der Mesofauna- Gruppen aus vier Bodentiefen: 0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm, 12-16 cm (Angaben in Prozent, kumulative Darstellung).

Das zeitliche Auftreten der Gamasinen-Arten im Extraktionsgut ist in Tabelle 2 dargestellt. Es lassen sich keine Regelmäßigkeiten bezüglich der Familien oder Gattungen feststellen. Deutlich wird jedoch, daß Arten wie *Zercon sellnicki* (SCHWEIZER) und *Dendrolaelaps strenzkei* HIRSCHMANN schon bei relativ niedrigen Temperaturen und noch hohen Bodenfeuchten austreten, *Epicriopsis horridus* KRAMER, *Rhodacarus coronatus* BERLESE, *Dendrolaelaps angulosus* (WILLMANN) und *Veigeia nemorensis* (C.L.KOCH) hingegen erst durch hohe Temperaturen während des trockenen Regimes zum Verlassen ihres Habitats gezwungen werden können. Die hier dargestellten Ergebnisse konnten mit Proben anderer Probenahmen bestätigt werden, die in der folgenden Aufstellung (Tab.3) zusammengestellt sind.

Tabelle 2.

Brachliegende Wiese, Probenahme 2.4.79; fraktionierte Extraktion der Gamasina-Arten (Anzahl der Individuen, Summen aus vier Proben).

Ex.Dauer (Tage)	3	4	5	6	8	10
Arten						
<i>E.horridus</i>	1	1	1		14	
<i>A.corbiculus</i>	1					1
<i>Z.sellnicki</i>	6	1				
<i>R.coronatus</i>					11	4
<i>D.strenzkei</i>	1	3				
<i>D.angulosus</i>					8	1
<i>P.muncatellus</i>					1	
<i>Parasitus spec</i>				1		1
<i>V.nemorensis</i>		1	1		9	

Tabelle 3.

Emigration der Tiergruppen (0-4 cm Bodentiefe, Prozent) nach feuchter und trockener Extraktionsphase.

Datum	Collembola		Acari		Gamasina		Oribatei	
	feucht	tr	feucht	tr	feucht	tr	feucht	tr
19.09.78,W	49.2	50.8	5.3	94.7	5.3	94.7	3.4	96.6
16.10.78,W	49.7	50.3	6.1	93.9				
02.04.79,W	77.8	22.2	28.5	70.5	27.0	73.0	25.5	74.5
03.10.82,D	16.8	83.2	7.0	93.0	17.6	82.4	0.5	99.5
11.12.82,D	33.3	66.7	7.7	92.3	14.3	85.7	5.3	94.7

W= Brachliegende Wiese, Wümmemarsch; D= Versuchsfläche von REK der Siedenburgdeponie (feuchte Varianten).

3.3.1 Ergebnisse der Versuche zur Extraktion bei unterschiedlicher natürlicher Bodenfeuchte

Von der gegossenen (N1) und der naturbelassenen trockenen Probefläche (T1) von REK wurden am 3.10.82 je 8 Proben aus der Bodenschicht 0-4 cm genommen, von denen 7 einer sukzessiven (fraktionierten) Extraktion unterzogen wurden, um Unterschiede im Emigrationsverhalten dokumentieren zu können (4 Proben von N1 und 3 von T1).

Die in Abb.4 gezeigten Kurven des Verlaufs der relativen Feuchte und der Temperaturen im oberen bzw. unteren Drittel der Proben verdeutlichen die Unterschiede der beiden Varianten und veranschaulichen den Effekt der Deckel für die feuchten Proben. Hier sank die Feuchte erst nach dem Abdecken rasch ab und erreichte dann langsam die Werte der trockenen Probe. Der anfängliche Anstieg der Feuchte in der trockenen Probe wird auf aufsteigenden Wasserdampf zurückgeführt. Da diese Proben nur über einen geringen Wasservorrat verfügen, sinkt die relative Feuchte rasch, was auch durch die Deckel nicht verhindert werden kann, die nicht absolut dicht schließen. Interessant ist die durch das Einsetzen mit der Unterseite nach oben verursachte Inversion des Feuchtegradienten der trockenen Probe. Nach dem Abdecken kehrt sich der Gradient jedoch um und verläuft parallel dem der Temperatur. Der durch Augenschein geprüfte sehr trockene Zustand der Probenoberseite und der feuchte der Probenunterseite bestätigen den eindeutigen Feuchtigkeitsgradienten, der anfangs die gesamte Probe und gegen Ende der Extraktion nur noch die unteren, durch Messung nicht mehr erfaßten Schichten umfaßt. Die Probenunterseite trocknet erst gegen Ende der Extraktion sichtbar aus. Das Ansteigen der rF-Werte nach Beendigung der Durchflußkühlung wird auf aus der Pikrinsäure aufsteigenden Wasserdampf zurückgeführt.

Die Temperaturen der feuchten Proben waren nur anfangs an der Probenunterseite um maximal 2 K kühler als die der trockenen. Die Temperaturdifferenz zwischen den oberen und unteren, in die Probe eingesetzten Fühlern unterscheidet sich zwischen den Varianten nicht. Sie ist wesentlich geringer als die der an der Probenober- und -unterseite angebrachten, da die kombinierten rF/T-Meßpunkte nur etwas über 1 cm voneinander entfernt sind.

EXTRAKTIONSREGIME UNTERSCHIEDL. FEUCHTER BOEDEN

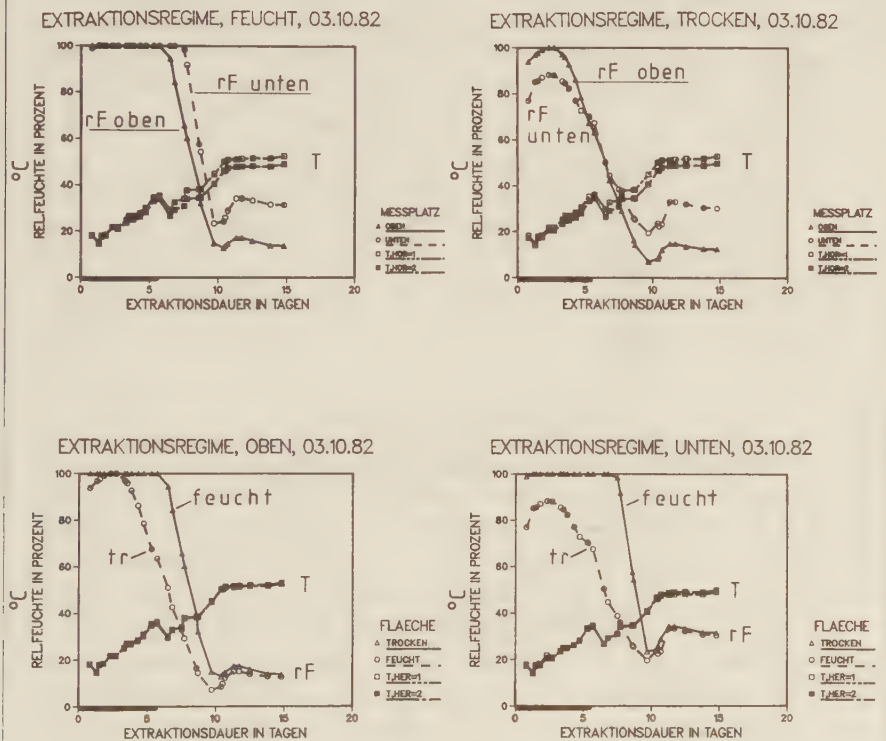


Abb. 4: Verlauf der relativen Luftfeuchte und der Temperaturen in einer naturtrockenen und einer in situ beregneten Probe. T= trockene Probe, F= feuchte Probe. Die zugedeckelte Phase dauert bis zum 6.Tag.

Die Wassergehalte der Böden und die Anzahlen der gefundenen Tiere sind in Tabelle 4 dargestellt. Mit Hilfe der von SCHRIEFER (1984) erstellten Kurve aus Abb.5 wurde der Wassergehalt (Vol.%) der Proben auf pF-Werte umgerechnet. Dabei zeigte sich, daß der Wassergehalt der naturtrockenen Proben nahe unter dem permanenten Welkepunkt lag. Dieser Sachverhalt wurde auch an dem vergilbten Rasen der Probeflächen deutlich.

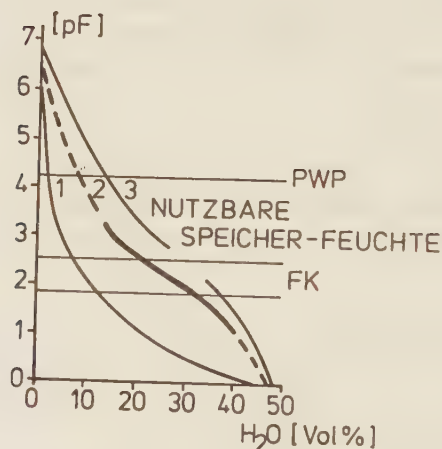


Abb. 5: pF-Kurve. Eingetragen ist der extrapolierte Verlauf einer Kurve für die Böden der Deponie (2)(nach SCHRIEFER 1984).

Tabelle 4.

Siedenburgdeponie, REK, 3.10.82: Abundanzen und Wassergehalte der naturtrockenen und befeuchteten Variante (Mittelwerte aus 8 Proben 0-4 cm Bodentiefe, Standardabweichung).

Herkunft	Coll.	Acari	Gama.	Ori.	WGG %	WGV %	pF
Nat.tr. $\bar{x}$	29.0	433.0	5.0	87.0	11.1	9.7	4.2
s	26.5	146.1	2.9	44.2	2.4	1.2	-
Feucht $\bar{x}$	168.0	246.0	10.0	101.0	29.0	26.1	2.2
s	85.5	85.8	7.3	49.7	1.8	4.0	-

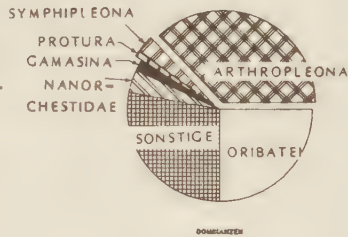
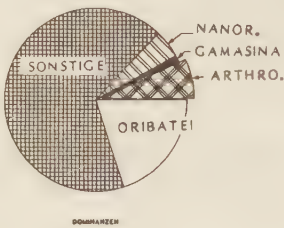
WGG%= Wassergehalt in % Xeromasse; WGV%= Wassergehalt Volumenprozent (100 cm³), pF aus Kurve Abb.5 bestimmt.

Die gefundenen Abundanzwerte wurden mit dem MANN-WHITNEY-U-Test auf Gleichheit der Mediane geprüft. Für die Arthropleona, Symphypleona und Protura sind die Unterschiede zwischen den beiden Varianten auf dem 1%-Niveau und für die Acari und Gamasina auf dem 5%-Niveau signifikant. Die Werte für die Oribatiden hingegen sind nicht signifikant unterschiedlich. Die relativen Abundanzen der Tiere (Milben und Apterygota) zeigen die Kreisdiagramme in Abb.6a. Die Collembolen von T1 machen lediglich 5% der Apterygota-Acari-Summe aus, die von N1 jedoch 40%. Proturen wandern aus den naturtrockenen Proben nur vereinzelt aus. Der Anteil der sonstigen, meist prostigmaten Milben ist auf T1 wesentlich erhöht. Die Dominanzspektren der Gamasina weisen keine grundsätzlichen Unterschiede auf (Abb.6b).

EXTRAKTION BEI UNTERSCHIEDLICHER BODENFEUCHTE

a) ACARI UND COLL.: REK-TROCKEN, 3.10.82, 0-4CM

ACARI UND COLL.: REK-BEREGET, 3.10.82, 0-4CM



b) ARTENSPEKTRUM, GA: REK-TROCKEN, 3.10.82, 0-4CM

ARTENSPEKTRUM, GA: REK-BEREGET, 3.10.82, 0-4CM

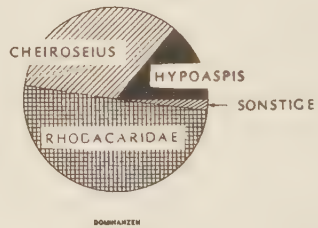
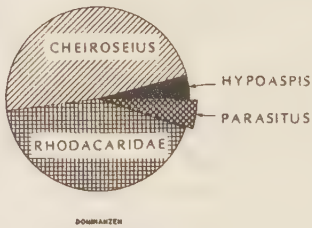


Abb. 6: a) Gruppenspektren der Milben und Collembola und
b) Artenspektren der Gamasina
für die naturtrockene und beregete Variante.

Die Darstellung des Emigrationsverlaufs für die trockenen Variante (Abb. 7) zeigt, daß die meisten Collembolen die Proben unmittelbar nach dem Einsetzen verlassen. Fast alle Gruppen sind mit dem sechsten Extraktionstag zu mehr als 50% extrahiert. Die Emigration der Tiere aus dem gegossenen Boden (Abb.8) verläuft während des feuchten Regimes anfangs langsam, wobei die Collembolen die Masse der Tiere stellen. Die überaus größte Zahl der Milben wie auch der anderen gefangenen Gruppen war nach 10 Tagen in den Fanggefäßen zu finden. Die Extraktion vom achten bis zum zehnten Tag, an dem Temperaturen von knapp 40 °C an der Probenunter- und über 45 °C an der -oberseite gemessen wurden, brachte die stärkste Emigrationswelle. Während der folgenden Tage wurden lediglich aus einer der Proben noch eine Anzahl Milben ausgetrieben. Die Emigration der Arten ist in Tabelle 5 dokumentiert. Bei den trockenen Proben verändert sich das Artenspektrum nach dem sechsten Extraktionstag nicht mehr, bei den gegossenen erst nach dem zehnten.

Tabelle 5.

Siedenburgeponie, REK, 3.10.82: Fraktionierte Extraktion der Gamasina-Arten aus naturtrockenem und befeuchtetem Boden.

Extr.Dauer (Tage)	3	6	8	10	12	14	16	17
Art								
<i>Hypoaspis angusta</i>		T		N				
<i>Cheiroseius borealis</i>			N, T	N, T	N			T
<i>R. silensiacus</i>	T	N, T	N	N	N			
<i>Parasitus spec.</i>	T	T						
<i>Veigalia planicola</i>				N				

N= Emigration der Art aus der naturtrockenen Variante;

T= Emigration der Art aus der befeuchteten Variante.

EXTRAKTION 3.10.82, TROCKEN: EMIGRATIONSVERLAUF

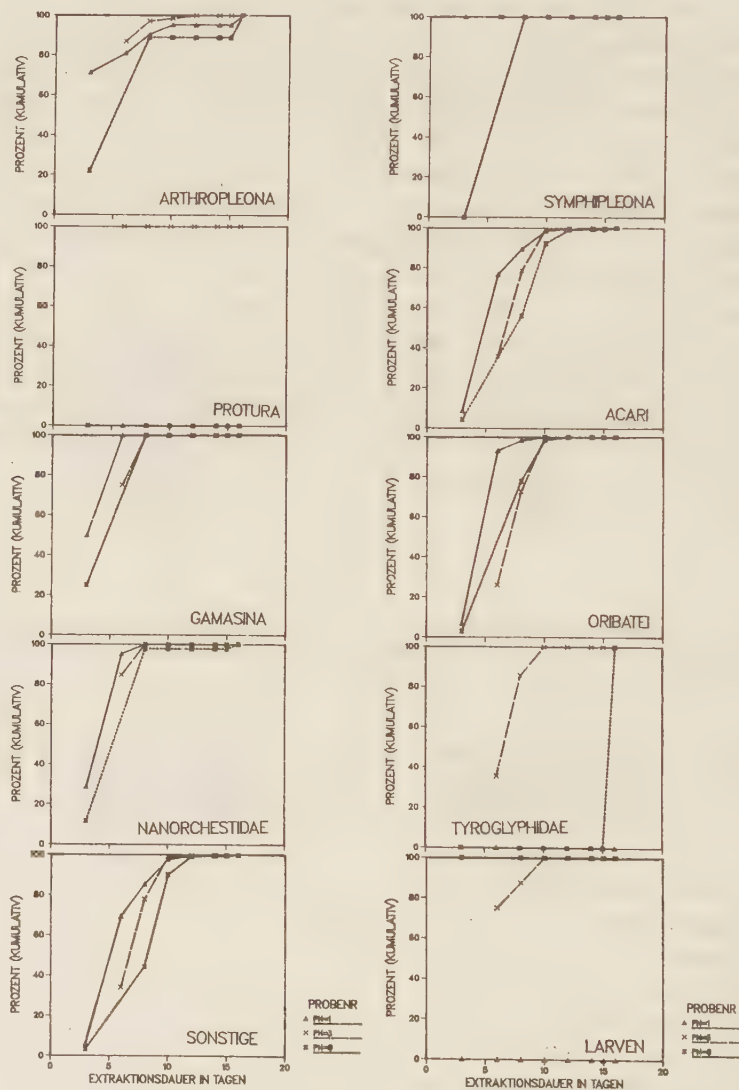


Abb. 7: Emigrationsverlauf für die Gruppen der Milben und Collembolen und die Insektenlarven (kumulative Darstellung)

EXTRAKTION 3.10.82, FEUCHT : EMIGRATIONSVERLAUF

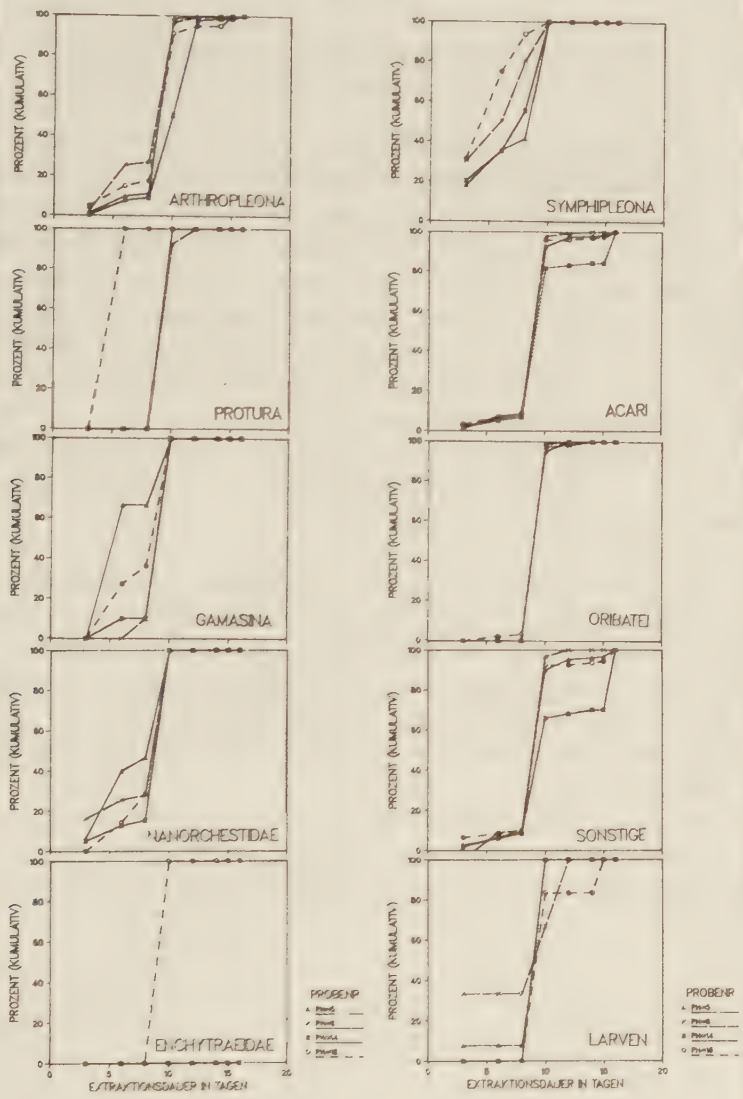


Abb. 8: Emigrationsverlauf für die Gruppen der Milben und Collembolen und die Insektenlarven (kumulative Darstellung)

3.3.2 Ergebnisse der Versuche zur Extraktion von Bodenproben mit experimentell herbeigeführten unterschiedlichen Bodenfeuchten

Aus Grassoden gleicher Herkunft (REK), aber experimentell herbeigeführten unterschiedlichen Bodenwassergehalten (nass=N, trocken und wiederbefeuchtet=TN, trocken=T, stark getrocknet=TT; s. 2.5) wurden je 6 Proben 0-4 cm gezogen und in demselben Extraktionsgerät extrahiert. Die Fanggefäße wurden während der Extraktion nach Beendigung des feuchten Regimes gewechselt. Die aus dem oben dargestellten Freilandversuch abgeleitete Hypothese war, daß aus den getrockneten Böden weniger Tiere ausgetrieben werden könnten als aus den nassen und daß sie frühzeitiger emigrieren würden.

Die künstlich während drei Tagen nach dem Ausstechen des Grassodens in situ erzeugten Wassergehalte der Proben sind in der Tabelle 6 aufgelistet.

Der gravimetrisch feststellbare Wasserverlust der zugedeckelten Proben ist während der feuchten Extraktionsphase erstaunlich hoch. Er beträgt immer mehr als 50% (Vol.%) des gesamten Wassergehaltes, und zwar verlieren die trockneren Proben anteilmäßig in dieser ersten Phase wesentlich mehr Wasser als die feuchten. Die im Labor zwei Tage luftgetrocknete Probe besitzt einen deutlich unter dem PWP ($pF = 4.2$) liegenden Wassergehalt.

Das Extraktionsregime verlief gemäß dem in Abb.2 dargestellten. Die Temperaturunterschiede zwischen Probenober- und -unterseite waren bei der nassen Probe maximal um 1.5 grad größer als bei der TT-Variante.

Tabelle 6.

Siedenburgdeponie, REK, 11.12.82: Wassergehalte der vier Varianten nach Beendigung des feuchten Regimes (5 Tage) und des trockenen Regimes (10 Tage).

Mittelwerte aus 6 Proben, Standardabweichung.

Extr.Dauer		5		10		
		WGG %	WGV %	WGG %	WGV %	pF
Variante						
N	$\bar{x}$	21.0	17.8	54.1	36.4	1.5
	s	4.5	2.8	8.3	5.9	
TN	$\bar{x}$	20.9	20.4	37.3	32.1	1.8
	s	3.4	3.1	3.2	3.2	
T	$\bar{x}$	18.6	15.6	22.6	18.4	3.0
	s	2.5	2.7	3.7	3.2	
TT	$\bar{x}$	10.7	6.8	10.7	6.8	5.0
	s	2.2	1.0	2.2	1.0	

pF-Werte aus Kurve Abb.5.

Tabelle 7.

Siedenburgdeponie, REK, 11.12.82: Emigration der Tiergruppen (0-4 cm Bodentiefe) nach feuchter und trockener Extraktionsphase.

a) Mittelwerte aus 6 Proben, Standardabweichung.

b) Prozent.

Variante Ex.phase	N		TN		T		TT	
	feucht	tr	feucht	tr	feucht	tr	feucht	tr
Gruppe								
a)								
Collembola	16	26	14	47	8	39	14	1
	18.7	19.3	12.5	28.0	7.3	27.3	24.7	1.6
Acari $\bar{x}$	17	125	14	167	13	164	58	59
s	9.5	37.8	5.3	66.2	7.1	95.8	34.3	47.7
Oribatei	3	15	2	36	2	49	26	19
	1.4	9.7	1.2	15.4	2.2	64.4	19.3	29.5
Gamasina	2	21	4	24	2	18	7	2
	1.0	8.6	1.7	16.9	0.8	12.1	3.7	4.0
b)								
Collembola	38.1	61.9	22.9	77.1	17.0	83.0	93.3	6.7
Acari	12.0	88.0	7.7	92.3	7.3	92.7	49.6	50.4
Oribatei	16.7	83.3	5.3	94.7	2.0	98.0	57.8	42.2
Gamasina	8.7	91.3	14.3	85.7	10.0	90.0	77.8	22.2

Die Anzahlen der emigrierten Tiere wurden nach Beendigung des feuchten Regimes (fünfter Tag, 40/33 °C) und zum Abschluß der Extraktion ermittelt. Die Werte sind in Tabelle 7 aufgeführt. Die relativen Extraktionseffizienzen sind wie folgt (Summen aus 6 Proben; in Klammern: Median):

Acari: TN > T > N > TT

(TN > T > N > TT)

Gamasina: TN > N > T > TT

(TN > N > T > TT)

Collembola: TN > T > N > TT

(TN > T > N > TT)

Oribatei: T > TT > TN > N

(TN > T > TT > N)

Wegen der geklumpten Verteilung der Werte wurde als Test-Statistik der Median gewählt. Die Mediangleichheit der einzelnen Varianten wurde mit dem MANN-WHITNEY-U-Test geprüft. Signifikante Unterschiede sind in der folgenden Darstellung mit * (5%-Niveau) und ** (1%-Niveau) angegeben.

Acari	N	TN	T	TT
Coll	N			
	TN			
	T			
	TT	*	*	*

Orib	N	TN	T	TT
Gama	N			
	TN		*	*
	T			
	TT	*	**	*

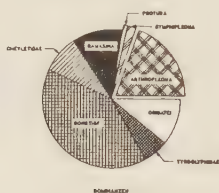
Die Resultate bestätigen die Ergebnisse der Freilandversuche (3.3.1). Die niedrige Ausbeute der N-Variante ist auf die vergleichsweise höhere Verdichtung der durchnässten Proben bei der Probenahme zurückzuführen.

Der Zusammenhang der extrahierten Anzahlen mit der Bodenfeuchte wurde mit Hilfe der Korrelationsanalyse getestet. In die Berechnung gingen alle Proben ein. Der Korrelationskoeffizient r war immer kleiner 0.5. Für die Oribatei zeigte der gefundene Wert von $r=0.0$ eine weitgehende Unabhängigkeit des Verfahrens vom Bodenwassergehalt an.

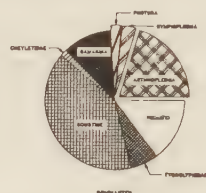
Die Ergebnisse der Extraktionen der vier Varianten sind in den Kreisdiagrammen von Abb.9a grafisch veranschaulicht. Besonders betroffen von trockenen Bodenverhältnissen sind die Protura, Symphypleona und Cheyletidae.

EXTRAKTION BEI EXP. UNTERSCHIEDL. BODENFEUCHTEN

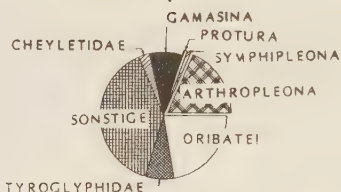
a) ACARI UND COLL.: N



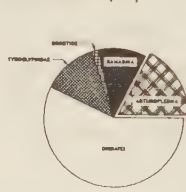
ACARI, COLL.: TN



ACARI U. COLL.: T



ACARI U. COLL.: TT



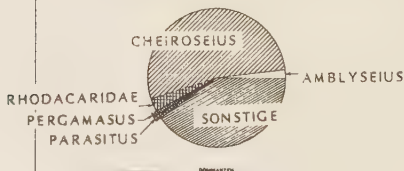
b) ARTENSPEKTRUM:GA: N



ARTENSPEKTRUM:GA: TN



ARTENSPEKTRUM:GA: T



ARTENSPEKTRUM:GA: TT

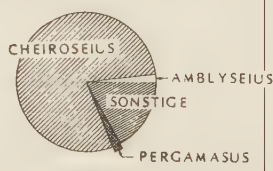


Abb. 9: a) Gruppenspektren der Milben und Collembola und

b) Artenspektren der Gamasina

der aus den Böden gleicher Herkunft, jedoch unterschiedlicher experimentell herbeigeführter Feuchte extrahierten Tiere.

Die Dominanzgefüge der Gamasina der vier Varianten sind in Abb.9b dargestellt. *Cheiroseius borealis* (BERLESE) ist in allen Fällen eudominant. Bei den trockenen Proben (TT) ist die Artenzahl reduziert. Die Diversitätsindices (SHANNON-WEAVER-Index) sind für die N- und TT-Variante reduziert.

Die gewonnenen Abundanzwerte einiger Arten wurden wie die Gruppendaten auf Gleichheit der Mediane geprüft. Signifikante Unterschiede ergaben sich für *C.borealis* zwischen N/T ($P < 5\%$), TN/TT ($P < 5\%$) und N/TT ($P < 1\%$) sowie für die dominante *Ameroseius corbiculus* (SOWERBY) zwischen T/TT ($P < 5\%$). Für die beiden Dominanten *Arctoseius minutus* (HALBERT), *Lasioseius berlessei* (OUDEMANS) und für den SHANNON-WEAVER-Index konnten die Unterschiede statistisch nicht gesichert werden ($P < 5\%$).

Auch der zweite Teil der oben aufgestellten Hypothese kann akzeptiert werden. Die Auswertung der Fraktion nach fünf Tagen Extraktion ergibt, daß bei den Varianten N, TN und T maximal 12% der Acari und 38% der Collembola aus den Proben ausgewandert sind (Tabelle 8b). In der TT-Variante emigrieren während dieser feuchten Phase 50% der Acari und 93% der Collembolen. Für die betrachteten Milbengruppen zeigt sich, daß die Oribatei auch aus den trockenen Proben zu einem hohen Prozentsatz erst während der zweiten, trockenen Hochtemperaturphase auswandern. Die Gamasina wurden für N, TN und T zum überwiegenden Teil während der zweiten Extraktionsphase gefangen (Tabelle 8).

Tabelle 8.

Siedenburgdeponie, REK, 11.12.82: Emigration der Gamasina-Arten (0-4 cm Bodentiefe).

a) Mittelwerte (Standardabweichung für *C.borealis*) aus 6 Proben.

b) Prozentuale Emigration nach feuchter und trockener Extraktionsphase .

Variante Ex.phase	N		TN		T		TT	
	feucht	tr	feucht	tr	feucht	tr	feucht	tr
Art								
a)								
<i>C.borealis</i>	1.5	18.0	3.8	13.0	1.3	9.2	6.2	1.2
s	0.8	7.5	1.9	7.7	0.8	5.5	3.4	2.4
<i>L.berlesei</i>	0	0.8	0	5.3	0.2	0.6	0.3	0.2
<i>A.minutus</i>	0	0.8	0	0.8	0	1.2	0.3	0
<i>A.corbiculus</i>	0	0.3	0	3.7	0.5	5.1	0.2	0.5
<i>R.stilesiacus</i>	0	0.3	0	0.2	0	0.3	0	0
b)								
<i>C.borealis</i>	8	92	23	77	12	88	84	16
<i>L.berlesei</i>	0	100	0	100	25	75	60	40
<i>A.minutus</i>	0	100	0	100	0	100	100	0
<i>A.corbiculus</i>	0	100	0	100	9	91	29	71
<i>R.stilesiacus</i>	0	100	0	100	0	100	0	0

4. Diskussion

Die Messungen der horizontalen Temperaturverteilung im Gerät und die Beeinflussung besonders der peripheren Proben durch die Raumtemperatur macht die Notwendigkeit der Wärmedämmung des Extraktionsgerätes deutlich. Diese ist einfach und billig mit Styropor- oder Polyurethanplatten zu erreichen. Damit ist gewährleistet, daß alle Proben einem weitgehend gleichen Temperaturregime ausgesetzt werden können und die Raumtemperatur keinen Einfluß auf die Probentemperatur hat. Ein Einsetzen der Proben nach einer Zufallsverteilung (LUSSENHOP 1971) wird somit hinfällig. Die mechanische und thermische Trennung des beheizten Oberteils des Apparates von der im Unterteil liegenden Kühlung wird dauerhaft und effizient durch eine Aluminiumplatte mit aufgeklebter Polyurethanplatte erreicht. Eine Wasserbadkühlung (Durchfluß mit Leitungs- oder Kühlwasser, max. 12 °C) und eine Heizung mit einer Leistung, die ausreicht, um ca 50 °C an der Probenoberfläche zu erzeugen, ermöglichen den Aufbau eines steilen Temperatur- und Feuchtgradienten in der Probe.

Der Filtereffekt der Netze des Bodens der Töpfchen, die die Proben während der Extraktion aufnehmen, wurde von RECA & RAPOPORT (1975) untersucht, die besonders für die Milben unterhalb einer Maschenweite von 1 mm deutliche Einbußen der Extraktionseffizienz feststellten. Es erscheint zweifelhaft, ob dies ein mechanischer Effekt ist. Der höhere Deckungsgrad der feinmaschigen Netze dürfte eine wesentlich höhere Feuchte der Bodenunterseite zur Folge haben, die zum einen durch entstehendes Kondenswasser die Tiere am Auswandern hindert, zum anderen die Tiere nicht zur Emigration veranlaßt.

Die Ergebnisse zeigen, daß sowohl die Heizleistung als auch die Kühlung regulierbar sein müssen; einmal, um die Proben behutsam zu erwärmen, damit die Tiere keine Schockwirkung erleiden, zum anderen, um den Gradienten den Extraktionserfordernissen anzupassen. Die späte Emigration einiger Tiergruppen, wie die der Oribatei, läßt vermuten, daß sie sich auf Grund einer relativ hohen Wärme- und Trockenresistenz bis zu Temperaturen von bis zu 40 °C an der Probenunterseite aufhalten können. Die in diesem Extraktionsstadium vorhandene positive Geotaxis (NEF 1971) reicht also offensichtlich für eine effiziente Austreibung nicht

aus und muß durch hohe Temperaturen unterstützt werden. Es ist also notwendig, durch anfängliches Aufbauen eines steilen Gradienten die Tiere nach unten zu treiben, um sie dann durch Erwärmung auch der Probenunterseite bei Aufrechterhaltung des richtenden Gradienten zum Verlassen der Probenunterseite zu zwingen. Besonders im Bereich möglicher Letaltemperaturen (35-40 °C, ASHRAF 1971) muß ein unerwünschtes Überschießen der Temperaturen über den am Kontaktthermometer eingestellten Sollwert vermieden werden. Dies ist mit dem Anbringen des steuernden Thermometers nahe der Heizung und einer Leistungsregelung gewährleistet, die am einfachsten mit einem 3-Stufen-Regeltrafo erzielt wird.

Neben der in weiten Grenzen den Bedürfnissen der Extraktion anpaßbaren Regelung des Temperaturregimes ist auch ein 'air-conditioning' (MACFADYEN 1961) für die Optimierung des Verfahrens sehr nützlich. Die Versuche von VANNIER (1970) beleuchten die Bedeutung des Mikroklimas für die Migration der Tiere von einer anderen Seite. Er konnte für die relative Extraktionseffizienz und für die Vertikalwanderung von Bodentieren im Freiland deutliche gegenseitige Abhängigkeiten von Temperatur und Feuchtigkeit dokumentieren. So stellt der permanente Welkepunkt ($pF = 4.2$) einen Schwellenwert dar, der die meisten Tiere bei Temperaturen von 10-30 °C zur Wanderung und Emigration veranlaßt.

Viele Oribatidenarten können für kurze Zeit auch relativ geringe Bodenfeuchten ertragen. Sie verfügen als Oberflächenbewohner ohne große Rückzugsmöglichkeiten in die engen Poren der feuchten Bodentiefen (Körperdurchmesser!) über ein Integument und über physiologische Fähigkeiten, die es ihnen ermöglichen, einen mikroklimatisch wechselhaften Biotoptyp zu besiedeln und Trockenheiten zu überstehen (MADGE 1964).

Collembolen hingegen sind wesentlich empfindlicher gegenüber Austrocknung und sind auf Lebensräume mit über 90% Luftfeuchte angewiesen (AGRELL 1941, ASHRAF 1971, VERHOEF & VON SELM 1980, LORING 1981). Im Einklang damit stehen die von mehreren Autoren (HAARLÖV 1947, LASEBIKAN 1975, u.a.) beschriebenen und hier bestätigten zwei Emigrationsphasen. In der ersten Phase bei Temperaturen bis zu 35 °C wandern besonders die Collembolen zu einem hohen Prozentsatz aus. Bei diesen Temperaturen sind die Proben meist noch nicht durchgetrocknet, und es besteht ein ausgeprägter Feuchtgradient,

der die Tiere zunächst nach unten treibt und schon bei ca. 90% relativer Luftfeuchte an der Probenunterseite zum Verlassen der Probe veranlaßt (LASEBIKAN 1971).

Mit längerer Extraktionsdauer und höherer Temperatur nimmt die Austrocknung der Proben zu. Damit wird der Feuchtegradient flacher bei gleichzeitiger Vergrößerung des Temperaturgradienten. Die zweite Emigrationsphase wird mithin von der von VANNIER (1970) beschriebenen Organismengruppe hervorgerufen, die bei Temperaturen über 30 °C durch einen Temperaturgradienten zur Wanderung und Emigration gezwungen werden. Die niedrigen Korrelationskoeffizienten zwischen Bodenwassergehalt und extrahierten Tieren sind ein weiterer Hinweis auf das Vorhandensein der von VANNIER (l.c.) postulierten kritischen Schwelle.

Das Wechselspiel von Bodenfeuchte und Temperatur kann nur bei ausreichend feuchten Böden stattfinden. Daher ist es notwendig, bei anhaltender Trockenheit im Freiland die zur Extraktion gelangenden Bodenproben anzufeuchten, so daß ein ausreichender Feuchtegradient entstehen kann (ca. 25% Xeromasse). Die dargestellten Versuche (3.3.1, 3.3.2) zeigen den überaus großen negativen Einfluß ungenügender Bodenfeuchte auf die relative Extraktionseffizienz besonders für die Collembolen. So verlassen sie die trockenen Proben in den Versuchen 3.3.1 und 3.3.2 schon während der ersten Tage zu über 80% (zum großen Teil "agitation naturelle", VANNIER 1970). Die erzielten Abundanzen belaufen sich jedoch nur auf ca 20% der aus den feuchten Proben extrahierten.

BRADY (1969) kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Schluß, daß nicht nur der Feuchtegradient, sondern auch der Gradient der Evaporationsrate von den Tieren perzipiert werden kann; denn auch bei inversem Feuchtegradienten fand er einen nach unten gerichteten Gradienten der Evaporationsrate, der die Tiere zur Emigration veranlaßte. Dies träfe auch für die naturtrockenen Proben des Freilandexperimentes zu, die ja einen inversen Gradienten aufweisen. Doch ist hier die Extraktionseffizienz zumindest für einige Gruppen stark reduziert (3.3.1). Eine Vermeidung von inversen Gradienten scheint daher angebracht, zumal es unklar ist, ob alle Bodentiere Sensoren für das Sättigungsdefizit besitzen.

Einer raschen Austrocknung der Proben und damit der Gefahr eines Trockenschocks und dem Risiko von Inselbildung in der Probe (MACFADYEN 1958) wird durch einfaches Zudeckeln der Proben während der ersten, fünf Tage dauernden Extraktionsphase begegnet. Eine zu rasche Austrocknung ist besonders bei schweren Böden zu verhindern, da sonst die als Fluchtwege benutzten Poren durch die Schrumpfung der Bodenprobe zu eng werden (SHEALS in MACFADYEN 1955). Die von LEINAAS (1978) und TAKEDA (1979) beschriebene niedrige Extraktionseffizienz für Collembolen im Sommer könnte z.T. auf die erörterten Effekte der Bodentrockenheit zurückzuführen sein. TAMURA (1976) hingegen fand höhere Effizienzen im Sommer, die der Autor auf eine höhere Mobilität der Tiere und die Altersstruktur der Populationen zurückführt. Der von LEINAAS (s.o.) erwähnte physiologische Effekt der Bodenfeuchte kann für die Wandedisposition der Tiere ebenfalls zum Tragen kommen.

Mit Hilfe des feuchten Extraktionsregimes erhält man auch qualitative Daten für Organismen, für die die Extraktionsmethode nicht geeignet ist, wie Enchytraeiden und Arthropodenlarven.

In der dem feuchten Regime folgenden zweiten Extraktionsphase werden hohe Temperaturen von bis zu 40 °C auch der Probenunterseite Schritt für Schritt angesteuert, die, wie die Versuche zeigten, besonders für die Extraktion der Oribatiden von Bedeutung sind. Die Gamasinen werden wie bei BLOCK (1966) zum größten Teil während der ersten Extraktionsphase gefangen. Einzelne Arten sind jedoch ausgesprochen wärme- und trockenstolerant, wie *Rhodacarus coronatus* BERLESE oder *Hypoaspis angusta* KARG. Die in der Literatur beschriebenen unterschiedlichen Reaktionen der jeweiligen Tiere auf Feuchte- bzw. Temperaturgradienten werden bestätigt (z.B. LASEBIKAN 1975). Das Verhalten der einzelnen Arten ist nicht horizontspezifisch. Unterschiede der Emigration der Tiere aus den verschiedenen Horizonten beschrieb LUSSENHOP (1971), dessen Befunde nicht untermauert werden konnten. Er führt die frühzeitige Emigration der Tiere der oberen Bodenschichten auf ein rascheres Austrocknen dieser Proben zurück, ein Sachverhalt, der bei den hier geschilderten Versuchen auf Grund der feuchten Extraktionsphase nicht zutrifft.

Für eine effiziente Extraktion sind nicht nur eine möglichst lange feuchte Phase (MACFADYEN 1955) und hohe Temperaturen (BLOCK 1966) Voraussetzung, sondern auch die behutsame Behandlung sowohl während der Extraktion (langsames Erwärmen) als auch bei der Probenahme. Bei besonders feuchten Böden wird die Komprimierung der Proben bei der Probenahme zum Problem, da nasse Böden sehr instabil sind und somit leicht verdichtet werden.

Dem Temperatur- und Feuchtgradienten kommt wohl nur eine die Wanderung der Tiere richtende Funktion zu. Bei bestehendem einsinnigen Gradienten sind die Bedingungen an der Bodenunterseite, die die Tiere zur Flucht aus der Bodenprobe veranlassen, von ausschlaggebender Bedeutung.

Die lange Extraktionsdauer von 10 Tagen kann besonders bei den erhöhten Temperaturen die Entwicklung einiger Tiere zur Folge haben, die dann als frischgeschlüpfte im Extraktionsgut erscheinen. Juvenile Acari fanden sich erst nach 16 Tagen bei der Langzeitextraktion der berechneten Variante (Abb. 8). Bei einer Dauer von 10 Tagen werden also lediglich die aktiven Individuen der Lebensgemeinschaft gefangen.

Untersuchungen zur relativen Effizienz der Extraktionsmethode sind zum einen notwendig, um die Funktionsfähigkeit der Geräte zu überprüfen; zum anderen dienen sie dazu, Einflüsse auf die Effizienz zu reduzieren bzw. einzuschätzen. Die große Schwierigkeit solcher Untersuchungen liegt in der Heterogenität des Materials, die bei Freilandproben nie zu eliminieren ist. Es treten vertikale, horizontale, saisonale und pedologisch bedingte Unterschiede auf, die für die einzelnen Gruppen und Arten keineswegs gleichsinnig sein müssen. Die detaillierte Untersuchung hoher Stichprobenzahlen scheitert meist am großen Arbeitsaufwand. Die hier besprochenen Ergebnisse aus Versuchen mit Probenmaterial aus verschiedenen Jahreszeiten, Horizonten und Böden zeigen: es existieren zwei Emigrationsphasen während eines feuchten und während eines trockenen Extraktionsregimes; die Bodenfeuchte hat einen großen Einfluß auf die Effizienz sowohl bezüglich der Abundanz als auch bezüglich der Art der extrahierten Gruppen; hohe Bodenfeuchte birgt die Gefahr der Verdichtung der Proben bei der Probenahme. Die feuchte Phase sollte einige Tage dauern. Sie muß in der trockenen Jahreszeit durch Anfeuchten der Proben vor der Extraktion gesichert werden. Die Erhöhung der

Temperaturen sollte in kleinen Schritten erfolgen, um Schockreaktionen zu vermeiden. Die Endtemperaturen sollten unter Beibehaltung eines richtenden Gradienten an der Probenunterseite über 40 °C betragen.

5. Zusammenfassung

Der Emigrationsverlauf von Extraktionen mit einem modifizierten MACFADYEN-canister-extractor wurde für Proben unterschiedlicher Herkunft und unterschiedlicher Bodenfeuchte untersucht. Die Extraktionsdauer betrug 10 Tage. Die Temperatur wurde täglich ausgehend von der aktuellen Freiland-Bodentemperatur um 5 K erhöht und betrug am Ende des Verfahrens über 40 °C Probenunterseite. Während der ersten 5 Tage herrschte ein durch Zudeckeln der Proben herbeigeführtes feuchtes Regime. Der sowohl in einem Freiland- wie in einem Laborexperiment herbeigeführte unterschiedliche Wassergehalt der Bodenproben hat keinen Einfluß auf den Temperaturverlauf in den Proben. Collembolen verlassen die Proben nach fünf Tagen zu einem hohen Prozentsatz, während die Milben, davon besonders die Oribatei, höhere Temperaturen benötigen. Die Extraktionseffizienz trockener Proben ist wesentlich vermindert, so daß bei trockenem Boden nahe dem permanenten Welkepunkt signifikant ($P < 5\%$) geringere Abundanzen für Acari und Collembola gefunden werden als bei den angefeuchteten Proben. Die Extraktionseffizienz ist für Collembolen am stärksten reduziert. Sehr nasse Böden verdichten bei der Probenahme und können daher nur mit verminderter Effizienz extrahiert werden. Auf Grund dieser Befunde wird eine Optimierung und Standardisierung des Extraktionsvorganges vorgeschlagen:

1. Langsame Temperaturerhöhung (5 K/Tag) bis zu ca. 40°C Probenunterseite bei ständiger Aufrechterhaltung eines einsinnigen Gradienten.
2. Bis zu einer Temperatur von ca. 40 °C Probenoberseite feuchtes Regime (z.B. durch Zudeckeln der Proben). Bei trockenen Bodenproben Anfeuchten der Proben.
3. Möglichst keine Probenahme bei sehr nassen Bodenverhältnissen, wegen der großen Verdichtung.

6. Literatur

- AGRELL, J., 1941. Zur Ökologie der Collembolen. Untersuchungen im schwedischen Lappland. Opuscula Entomol. Suppl. III, 230 pp.
- ASHRAF, M., 1971. Influence of environmental factors on Collembola. Rev. Ecol. Biol. Sol 8, 243-252.
- AUCAMP, J.L., LOOTS, G.C., & P.A.J. RYKE, 1964. Notes on the efficiency of funnel batteries for the extraction of soil microarthropods. Tydskr. Natuurwiss. 4, 105-126.
- BERLESE, A., 1905. Apparachio per raccogliere presto ed in gran numero piccoli Artropodi. Redia 2, 85-89.
- BEUTEL, P., KÜFFNER, H. & W. SCHUBÖ, 1980. SPSS 8, 300 S., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- BIERI, M., DELUCCHI, V., & C. LIENHARD, 1978. Ein abgeänderter Macfadyen-Apparat für die dynamische Extraktion von Bodenarthropoden. Mitt. Schweizer. Entomol. Ges. 51, 119-132.
- BLOCK, W., 1966. Some characteristics of the Macfadyen high-gradient extractor for soil microarthropods. Oikos 17, 1-9.
- BRADY, J., 1969. Some physical gradients set up in Tullgren funnels during the extraction of mites from poultry litter. J. appl. Ecol. 6, 391-402.
- CORDES, H., 1967. Moorkundliche Untersuchungen zur Entstehung des Blocklandes bei Bremen. Abh. naturw. Verein Bremen 37, 147-196.
- DHILLON B.S., & N.H.E. GIBSON 1962. A study of the Acarina and Collembola of agricultural soils. Pedobiologia 1, 189-209.
- EDWARDS C.A., & K.E. FLETCHER, 1971. A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods. In: PHILLIPSON, J. (ed.), Methods of study in quantitative soil ecology: population, production and energy flow, 150-185, IBP Handbook 18, Blackwell Scientif. Publ., Oxford and Edinburgh.

- FORD, J., 1937. Fluctuations in natural populations of Collembola and Acarina. *J. Anim. Ecol.* 6, 89-111.
- HAARLÖV, N., 1947. A new modification of the Tullgren apparatus. *J. Anim. Ecol.* 16, 115-121.
- ,1955. A modified Tullgren apparatus. In: KEVAN, D.K.McE.(ed), *Soil Zoology*, 333-337, Butterworths, London.
 - ,1962. A quantitative comparison of hand sorting and extraction with a Tullgren funnel. In: MURPHY, P.W.(ed), *Progress in Soil Zoology*, 156-157, Butterworths, London.
- HAMMER, M., 1944. Studies on the Oribatids and Collembola of Greenland. *Medd. Grönland* 141,3, 1-210.
- HIRSCHMANN, W., 1957-1979. Gangsystematik der Parasitiformes, Folgen 1- 25. Bibliographie in Folge 26, 1979. Hirschmann Verlag, Fürth/ Bayern.
- 1966. Milben (Acari). 76 S., Frankh, Stuttgart.
- KÄHLER, W.-M., 1984. SPSS, Einführung in das Datenanalysesystem, 215 + VIII S., Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- KARG, W., 1971. Die freilebenden Gamasina (Gamasides), Raubmilben. In: DAHL, F. (ed), *Die Tierwelt Deutschlands*, 59. Teil, 475 S., Gustav Fischer, Jena.
- KEMPSON, D., LLOYD, M. & GHELARDI, R., 1963. A new extractor for woodland litter. *Pedobiologia* 3, 1-21.
- KÜHNELT, W., 1961. *Soil Biology*, Faber & Faber, London.
- LASEBIKAN, B.A., 1971. The relationship between temperature and humidity and the efficient extraction of Collembola by a dynamic-type method. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 8, 287-293.
- , 1975. Characteristics and efficiencies of four dynamic-type extractors. *Pedobiologia* 15, 29-39.
 - , W. BELFIELD & N.H.E. GIBSON, 1978. Comparison of relative efficiency of methods for the extraction of soil microarthropods. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 15, 39-65.

- LEINAAS, H.P., 1978. Seasonal variations in sampling efficiency of Collembola and Proturans. *Oikos* 32, 307-312.
- LORING, S.J., 1981. Response of *Hypogastrura nivicola* (Collembola, Hypogastruridae) to variable relative humidity. *Pedobiologia* 22, 167-171.
- LUSSENHOP, J., 1971. A simplified canister-type soil arthropod extractor. *Pedobiologia* 11, 40-45.
- MACFADYEN, A., 1953. Notes on methods for the extraction of small soil arthropods. *J.Anim.Ecol.* 22, 65-77.
- , 1955. A comparison of methods for extracting soil arthropods. In: KEVAN, D.K.McE.(ed.), *Soil Zoology*, 315-332, Butterworths, London.
- , 1961. Improved funnel-type extractors for soil arthropods. *J.Anim.Ecol.* 30, 171-184.
- , 1962. Control of humidity in three funnel type extractors for soil arthropods. In: MURPHY, P.W. (ed.), *Progress in Soil Biology*, 158-168, Butterworths, London.
- , 1968. Notes on methods for the extraction of small soil arthropods by the high gradient apparatus. *Pedobiologia* 8, 401-406.
- MADGE, D.S., 1964. The humidity reactions of oribatid mites. *Acarologia*, 6, 566-591.
- MARSHALL, V.G., 1972. Comparison of two methods of estimating the efficiency of funnel extractors for soil microarthropods. *Soil Biol. Biochem.* 4, 417-426.
- MICHERDZINSKI, W., 1969. Die Familie Parasitidae OUDEMANS 1901 (Acarina, Mesostigmata). *Zakład Zoologii Systematycznej*, 690 S., Polskiej Nauk, Krakow.
- MOREAU, Ch., 1965. Sur l'efficacité de l'appareil de Tullgren en fonction du volume de l'échantillon de sol soumis à l'extraction. *Rev.Ecol.Biol.Sol* 2, 4, 507-510.
- NEF, L., 1960. Comparaison de l'efficacité de différentes variantes de l'appareil de Berlese-Tullgren. *Z. angew. Ent.* 46, 178-199.
- , 1971. Influence de l'humidité sur le géotactisme des Oribates (Acarina) dans l'extracteur de Berlese-Tullgren. *Pedobiologia* 11, 433-445.

- PETERSEN, H., 1978. Some properties of two high-gradient extractors for soil microarthropods and an attempt to evaluate their extraction efficiency. *Natura Jutlandica* 20, 95-122.
- SCHRIEFER, T., 1984. Der Zusammenhang von Bodenatmung, Wasserhaushalt und Mikroklima während der Anfangsphase der sekundären Sukzession. Dissertation FB 2, Universität Bremen.
- STAMMER, H.-J., (Hg), 1963. Beiträge zur Systematik und Ökologie mitteleuropäischer Acarina. 2. Band, Mesostigmata, 804 S., Akademische Verlagsges., Leipzig.
- TAKEDA, H., 1979. On the extraction process and efficiency of Macfadyen's high-gradient extractor. *Pedobiologia* 19, 106-112.
- TAMURA, H., 1976. Biases in extracting Collembola through Tullgren funnel. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 13, 21-34
- TULLGREN, A., 1918. Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole Tierformen. *Z. angew. Ent.* 4, 149-150. 1919
- VANNIER, G., 1970. Réactions des micro-arthropodes aux variations de l'état hydrique du sol. Techniques relatives à l'extraction des arthropodes du sol, 23-258, Editions du Centre National de la Recherche scientifique, Paris.
- RECA, A., & E.H. RAPOPORT, 1975. Wire gauze size and the efficiency of Berlese-Tullgren funnels. *Pedobiologia* 15, 330-335.
- VAN STRAALLEN, N.M., & P.C. Rijninks, 1982. The efficiency of Tullgren apparatus with respect to interpreting seasonal changes in age structure of soil arthropod populations. *Pedobiologia* 24, 197-209.
- VERHOEF, H.A., & A.J. VAN SELM, 1983. Distribution and population dynamics of Collembola in relation to soil moisture. *Holarctic Ecology* 6, 387-394.
- WEIDEMANN, G., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 1. Konzept und Probeflächen, *Verh. Ges. Ökol.* 13, im Druck.

II. Die Bodenmesofauna von vier verschiedenen Flächen des Bremer Umlandes

	Seite
1. Einleitung	50
2. Probeflächen, Material und Methode	55
2.1 Probeflächen	55
2.2 Material und Methode	55
3. Ergebnisse	58
3.1 Bodenkundliche Charakterisierung der untersuchten Flächen	58
3.2 Die Gruppen der Mesofauna	60
3.3 Die Synusien der Gamasina	68
4. Diskussion	85
4.1 Probenahmedesign und statistische Auswertung	85
4.2 Diskussion der Ergebnisse auf Gruppenebene	87
4.3 Vergleichende Diskussion der Gamasina-Synusien	97
4.4 Diskussion der Vertikalverteilung	98
5. Zusammenfassung	102
6. Literatur	103

1. Einleitung

Als Vorarbeit zu einer Sukzessionsuntersuchung auf einer Bauschuttdeponie in der Nähe Bremens wurden die Bodenmesofaunen einer ca. 3 Jahre alten Deponiefläche und von drei in der Nähe der Deponie liegenden Grünländereien untersucht, um Daten über den für die Besiedlung der Deponie in Frage kommenden Artenpool zu sammeln. Weiterhin sollten Kenntnisse über die Zusammensetzung der edaphischen Synusien der Flächen und über deren Besonderheiten erworben werden. Aus dem Vergleich der Flächen sollten Hinweise auf die Lebensansprüche einzelner Arten abgeleitet werden. Mit dieser Untersuchung wurde keine vollständige Erfassung der Bodenmesofauna der betreffenden Flächen angestrebt, sondern eine vergleichende Momentaufnahme.

Die Lebensgemeinschaft der Bodentiere der Wiesen zeichnet sich durch überaus große Vielfalt systematischer und ökologischer Gruppen aus. Nimmt man die Individuenzahlen als Bewertungsgröße, so sind die Nematoden am häufigsten vertreten, gefolgt von den Acari, den Collembola, den Enchytraeidae. In verhältnismäßig geringeren Anzahlen werden Regenwürmer, Proturen und die Larven der verschiedensten Insekten gefunden. Die größte ökologische Bedeutung kommt der auflockernden und Ton-Humus-Komplexe bildenden Tätigkeit der Lumbriciden zu. Die anderen Gruppen der Mesofauna spielen für die Humusbildung (KUBIENA 1955) und für das Funktionieren des Stoffkreislaufs (Recycling) und dessen Regulation (Retention, Acceleration; EDWARDS et al. 1970, CROSSLEY 1977, MCBRAYER 1977, WALLWORK 1983) eine im einzelnen z.T. noch wenig verstandene wichtige Rolle, mit der sie zur Persistenz des Ökosystems beitragen (REICHLÉ et al. 1975).

Die frühen Arbeiten über die Bodenmilben der Wiesen (z.B. WILLMANN 1931, 1939, FRENZEL 1936) sind vorwiegend systematisch und weniger ökologisch geprägt. VOIGTS und OUDEMANS (1904) bearbeiteten die Milben der Umgebung Bremens. Im wesentlichen wurden mit der damaligen Methodik (Sieben oder Handfang) nur die großen Arten erfaßt. So besitzen z.B. die Parasitidae in dieser Untersuchung einen Anteil von über 30% an der Gamasina-Synusie. Die Milbenfauna der Insel Wangerooge wurde von WILLMANN (1952) beschrieben. Auch diese Arbeit ist rein faunistisch und wurde ohne systematische Auslesemethode durchgeführt. Mit Beginn der fünfziger Jahre ist die taxonomische Basis soweit gefestigt, daß sich die Forscher zunehmend mit der Ökologie der Bodenlebewesen befassen können. Eine ausführliche ökologische Bearbeitung erfuhren die Oribatidensynusien der norddeutschen Wiesen durch STRENZKE (1952) und WEIGMANN (1973), die deutliche Zusammenhänge der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften der Hornmilben mit ihrem Biotop nachweisen konnten. Auch von HAARLÖV (1960), LUXTON (1967), SCHIMITSCHEK (1938), u.a. werden Oribatidenlebensgemeinschaften von Grünländern aus ökologischer Sicht beschrieben.

Vergesellschaftungen der Bodentiere in Abhängigkeit von den jeweiligen Vegetationseinheiten oder Bodentypen wurden von BOLTE (1982), CURRY (1978), DUNGER (1975), FÜHRER (1961), KNÜLLE (1957), LUTZ & TRAITTEUR (1965), MACFADYEN (1952), MORITZ (1963), WOOD (1967) u.a. mit unterschiedlichen Ergebnissen untersucht.

BERENDT & BOLTE (1984) verglichen die Collembolen- und Acarisynusien von zwei Brachflächen vergleichbarer phytozönotischer Struktur (*Melilotetum albi-officinalis* SISS.), die ähnliche Bodenverhältnisse besaßen, deren Mikroklima und Bodenwasserhaushalt jedoch deutliche Unterschiede aufwiesen. Sie fanden auf der einen Fläche (einer ca. 3jährigen Deponieabdeckschicht) etwa die gleichen Collembolen- und Milbenabundanzen wie auf der fast doppelt so alten Vergleichsfläche. Auf der Artebene der Collembola finden sich deutliche Unterschiede, die sich jedoch nicht in den Diversitätsindices der Collembolensynusien widerspiegeln. Die von BOLTE (1982, in prep.) untersuchten Collembolensynusien von *Solidago*-Assoziationen pedologisch differenter Standorte lassen keine deutlichen Unterschiede erkennen. Der Autor führt dies darauf zurück, daß die von ihm gefundenen Collembola zum großen Teil Ubiquisten sind und daher unterschiedliche Umweltbedingungen nicht deutlich indizieren.

Die meisten Arbeiten, die sich mit der Bodenmesofauna von Wiesenböden beschäftigen, berücksichtigen besonders die Collembola oder die Oribatei. Seltener werden die Lebensgemeinschaften der Gamasina untersucht (DZIUBA 1972, ELBADRY 1973, HUHTA et al. 1979, KARG 1961, SCHMELCHER 1983, USHER 1971), auf die in der vorliegenden Arbeit bevorzugt eingegangen werden soll. Die in der Wiese überaus dominanten Oribatei werden taxonomisch nicht weiter behandelt, weil sie im Gegensatz zu den Gamasina im Rahmen der auf diese Arbeit aufbauenden Sukzessionsuntersuchung eine untergeordnete Rolle spielen.

Als Anzeiger von pedologischen Veränderungen kommt den Gamasina eine große Bedeutung zu, die z.T. darauf beruht, daß sie als Konsumenten höhere Ordnung auf Veränderungen ihrer Beutepopulationen reagieren. KARG (1967) stellt deutliche Reaktionen der Synusien auf durch Streubeseitigung hervorgerufene Mikroklimaveränderungen fest. HUHTA et al. (1979) bezeichnet die Mesostigmata "als wertvolle Indikatoren der Substrateigenschaften, ein Charakteristikum, das weniger stark bei den Nematoda und überhaupt nicht bei den Collembola ausgeprägt ist" (Übers. v. Verf.). Die Eignung der Gamasina als sensible Anzeiger von Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen legt KARG (1978) dar. Die Grundlagen bodenzoologischer Beurteilungen mit Hilfe der Cohors Gamasina wurden von KARG (1968) gelegt. Die Gruppe erwies sich auch als guter Anzeiger von Sukzessionsvorgängen bei den Untersuchungen von DAVIS (1963) und HUHTA et al. (l.c.).

2. Probeflächen, Material und Methode

2.1 Probeflächen

Es wurden vier Grün- bzw. Brachlandflächen des Bremer Blocklandes untersucht. Die Brachland- und die Wiesenfläche sowie die Weide und die Deponiefläche liegen unmittelbar nebeneinander. Zwischen der Wiese und der Deponie liegen ca. 500m Luftlinie (Abb. 1). Die unmittelbare Umgebung der Probeflächen beschreibt BOLTE (1982). Eine ausführliche Darstellung der Deponie findet sich bei WEIDEMANN (1985). Eine eingehende historische, geologische und floristische Beschreibung des Blocklandes gibt CORDES (1967). Das bremische Klima ist gemäßigt, mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 728 mm/Jahr und einer Jahresmitteltemperatur von 9 °C (BÄTHJER & HEINEMANN 1980).

Die Brachlandfläche war im Oktober 1978 mit ca. 5 cm Grabenaus-
hub locker überschichtet worden und befand sich zum Zeitpunkt der
Probenahme am 26.11.79 in einem gestörten, doch völlig begrünten
Zustand. Der Boden war ein anmooriger Pseudogley mit Fleckenbildung
(G₀-Horizont), die auf das hoch anstehende, wechselnde Grundwasserniveau
der Fläche hinweist. Die Daten der Bodenanalysen sind in Tabelle 1
zusammengestellt. Die Vegetation dieses ehemaligen Grünlandes wurde von
Deschampsia caespitosa und *Festuca rubra* dominiert. Weiterhin wurde
sie durch das Eindringen ruderaler, hygrophiler Hemikryptophyten wie
Sonchus arvensis, *Cirsium arvense*, *Cirsium palustre*, *Epilobium*
hirsutum, *Polygonum amphibium* (forma terrestre) und *Lychnis flos-*
cuculi geprägt. Die Wurzeln dieser Pflanzen sind für den hohen
Grobwurzelanteil des Bodens dieser Fläche verantwortlich (Tab.1).

Die anliegende Wiese war eine seit ca. 3 Jahren brachliegende
Mähwiese. Der Anteil von *Festuca rubra* war hier etwas höher als auf
der Brachwiese. Die Vegetation dieser aufgelassenen NaBwiese zeigte
Übergänge in eine feuchte Hochstaudenflur. Die Bodenbedingungen der
tieferen Schichten (ab ca. 5 cm) entsprachen denen der Nachbarwiese.

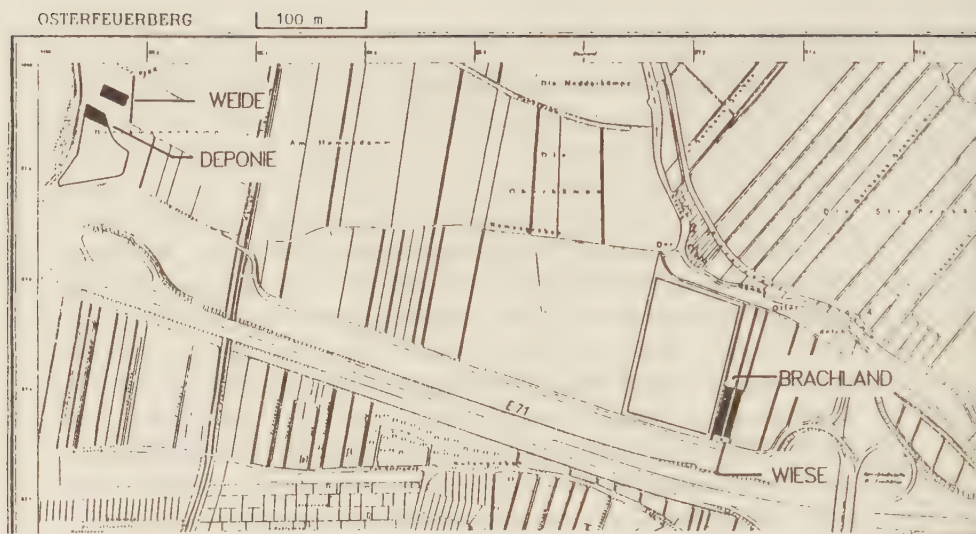


Abb.1: Lageplan der vier Probeflächen am Rande des Bremer Blocklandes
(Kataster und Vermessungsamt Bremen, 1976).

Die an die Deponie grenzende Weide wurde 1979 extensiv bewirtschaftet. Sie war von ca. 3m breiten Entwässerungssenken durchzogen, zwischen denen ca. 10m breite, etwas erhöhte Streifen lagen. Die Senken waren durch starke Staunässe geprägt und wurden vom Probenahmeplan nur peripher erfaßt. Die Rippen waren durch eine ca. 5-10 cm starke, nur wenig zersetzte Anmoorauflage über einem lehmigen Ton gekennzeichnet (Tab.1). In den Senken hatte sich auf einer weniger mächtigen Anmoorschicht ein typischer Flutrasen ausgebildet, während die Rippen von *Deschampsia caespitosa* (70% Deckung), *Holcus lanatus*, *Poa trivialis* und *Stellaria media* geprägt waren. Die Vegetation dieser Fläche stellt somit eine grasreiche, krautarme Horstschmielenflur dar. Der hohe Deckungsgrad von *D. caespitosa* weist auf Wechselfeuchte hin.

Die Deponiefläche befand sich auf einer abgedeckten Bauschuttdeponie im dritten Sukzessionsjahr. Der Boden der Abdeckschicht war ein stark gestörter, geschütteter lehmiger Sand mit vergleichsweise wenig Humus (Tab.1). Hier fanden sich zahlreiche Vertreter der Beifußgesellschaften (*Artemisietalia*) mit *Arctium lappa*, *Cirsium arvense*, *Urtica dioica*, *Tanacetum vulgare*, so daß von einer Klettenbeifußgesellschaft (*Arctio-Artemisietum*) gesprochen werden kann (s. auch MÜLLER 1985).

2.2 Material und Methode

Die Darstellung des Datenmaterials beschränkt sich auf eine simultane Untersuchung der vier Flächen am 26.11.1979. Der Brachfläche und der Wiese wurden jeweils 6 und der Weide und Deponiefläche je 12 Proben von 25 cm² und 12 cm Tiefe entnommen.

Das Probenahmedesign war als großflächiges Raster von 6 x 9m auf der Deponie und von 15 x 20m auf den drei Grünlandflächen angelegt, um den Besatz der Flächen möglichst umfassend abzuschätzen. Diese wiesen eine sehr inhomogene Verteilung der Kleinhabitate auf (Streu, Stauden, Horste, etc.). Um die Mesofauna der Areale mit größtmöglicher Repräsentativität zu beschreiben, wurden die Deckungsanteile der unterschiedlichen Kleinhabitate bestimmt (10 x 10cm Rasterkartierung auf 1 m² mit drei Wiederholungen) und die Probenanzahl entsprechend dem jeweiligen Deckungsgrad randomisiert auf die Kleinhabitate aufgeteilt. Die Proben (0-12cm Bodentiefe) wurden im Abstand von 3 bzw. 5m gezogen. Die Bodensäulen wurden in drei "Horizonte" von jeweils 4cm Höhe unterteilt, so daß das Volumen der Proben 100 cm³ betrug.

Die Bodenproben wurden mit einem geschlossenen Bodenbohrer (DHILLON & GIBSON 1962) entnommen. Die Bodenfauna wurde in einem modifizierten MACFADYEN-canister-extractor ausgetrieben. Die Temperaturen wurden ausgehend von der aktuellen Bodentemperatur alle 24 Stunden um 5 K erhöht, bis eine Endtemperatur von ca. 45 °C an der Probenunterseite erreicht war. Der Temperaturgradient bewegte sich zwischen 5 und 15 K. Bis zu einer Temperatur von ca. 40 °C (Probenoberseite) blieben die Proben zugedeckelt, so daß ein feuchtes Extraktionsregime herrschte. (Eine ausführliche Erörterung der Extraktionsmethodik erfolgte im ersten Teil der Arbeit.)

Während der Extraktion wurden die Tiere in Pikrinsäure fixiert, für die weitere Aufbewahrung dann in 70%igen Alkohol überführt. Die Auswertung erfolgte getrennt für die jeweiligen Flächen und Bodentiefen. Durch Aufsummieren der drei "Horizonte" wurden die 0-12 cm - Werte errechnet. Das Extraktionsgut (11 775 Individuen aus 108 Proben, davon 8007 Acari und 3433 Collembola) wurde zunächst auf Gruppenebene ausgewertet. Die folgenden Taxa wurden unterschieden:

Collembola (insgesamt), Symphypleona, Protura, Acari (insgesamt), Gamasina, Uropodina, Nanorchestidae, Cheyletidae, Tyroglyphidae, Oribatei, Coleoptera (Larven), Diptera (Larven), Enchytraeidae. Die Gamasina (502 Individuen aus 108 Proben) wurden bis zur Art bestimmt. Ihre Determination erfolgte hauptsächlich nach KARG (1971), HIRSCHMANN (1957 bis 1971), MICHERDZINSKI (1969) und STAMMER (1963). Die Abundanzwerte aller gefundenen Bodentiere (außer Nematoden) wurden in einer SPSS-Datei gespeichert und mit Hilfe von SPSS 9 bis zur grafischen Darstellung verarbeitet (BEUTEL et al. 1980, KÄHLER 1984).

Die Verteilung der untersuchten Gruppen ist in den drei untersuchten Bodenschichten erwartungsgemäß geklumpt (Varianz/Mittelwert > 1) (z.B. MACFADYEN 1952, HARTENSTEIN 1961, NEF 1962, BLOCK 1966). Die Daten lassen aufgrund ihrer Verteilung lediglich nicht-parametrische Testverfahren bei vorsichtiger Deutung zu. Mittelwerte und Standardabweichungen sind nicht in ihrer eigentlichen Bedeutung gültig, da die Variationskoeffizienten meist wesentlich höhere Werte als 50% des Mittelwertes annehmen (PRECHT 1979). Die angegebenen Abundanzwerte sind daher als auf 1 m^2 hochgerechnete Summen aufzufassen.

Die bodenkundlichen Untersuchungen beschränkten sich auf pH-Wert (CaCl_2), CaCO_3 , organ. Kohlenstoff (LICHTERFELD Methode), Korngröße (KÖHN) und aktuellen Wassergehalt von Brachland, Weide und Deponie (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1976). Bei der Kohlenstoffbestimmung wurde durch Handauslese der Anteil der Grobwurzeln bestimmt. Wenn möglich, wurden die bodenkundlichen Untersuchungen mit dem extrahierten Bodenmaterial durchgeführt.

Die aktuelle Bodentemperatur kann Einfluß auf die Vertikalverteilung der Bodentiere nehmen und trägt zur Charakterisierung des Lebensraumes bei. Mit einem elektronischen Bodenthermometer (ULTRAKUST) wurden die Temperaturen entsprechend den "Horizonten" der entnommenen Bodenproben in den Tiefen 0, 4, 8 und 12 cm gemessen.

Die Lebensgemeinschaften wurden mit den folgenden Parametern beschrieben:

Artenzahl a .

Konstanz: Frequenz sensu TISCHLER 1947.

Abundanz: Individuen pro Quadratmeter .

Dispersion: aus Varianz/Mittelwert-Relation abgeleitet.

Dominanz p_j : Anteil einer Gruppe/Art am entsprechenden Gesamtfang.

Informationsgehalt H : Diversität nach SHANNON-WEAVER:

$$H = - \sum p_i \ln p_i.$$

Äquität: $E = H/H_{\max} = H/\ln a$ (a = Artenzahl).

Ähnlichkeiten/Vergleich der Synusien:

Sörensen-Index: $S = 2c / a + b$ (a = Artenzahl der Fläche A, b = Artenzahl der Fläche B, c = Anzahl der in A und B gemeinsam vorkommenden Arten).

Renkonen-Zahl: Von den in zwei Flächen gemeinsam vorkommenden Arten werden die jeweils niedrigeren Dominanzwerte addiert.

Konstantenidentität: Kulcynskische Zahl,

$$K_n = (c_1 + c_2 + \dots + c_n) / (d_1 + d_2 + \dots + d_n)$$

(c_n = niedrigster Konstanzwert der n -ten Art,

d_n = Differenz zwischen den Konstanzwerten der n -ten Art).

3. Ergebnisse

3.1 Bodenkundliche Charakterisierung der untersuchten Flächen

Die Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Es zeigt sich, daß die Deponiefläche sich hinsichtlich aller erhobenen Größen deutlich von den anderen Flächen absetzt. Der Boden ist sehr sandig. Während der ca. 3 Jahre seit Schüttungsende hat sich erst eine schwache Schichtung des Bodens ausgebildet. Der Humusgehalt ist gering und der pH-Wert neutral. In mancher Hinsicht ist der Boden der Deponie mit einem Ackerboden vergleichbar. Die Lagerungsdichte ist hoch und der Boden ist auf Grund des fehlenden Grundwasserschlusses trocken.

Die anderen Flächen sind sehr tonreich und weisen eine starke Schichtung auf. Brachfläche und Wiese sind feuchte Standorte. Die relativ geringe Veränderung der Bodenkennwerte von 0-4 cm zu 4-8 cm der Brachfläche ist auf die Überschichtung zurückzuführen. Die Böden beider Flächen sind stark von Grobwurzeln durchzogen und sind sehr humusreich und ziemlich sauer.

Die Weide weist einen niedrigeren aktuellen Wassergehalt auf. Dies ist zum einen auf die Drainagesenken zurückzuführen; zum anderen unterliegt die torfige Anmoorauflage der Weide starken Wassergehaltsschwankungen, da sie aufgrund ihres stark tonigen Unterbodens nur über eine geringe Wassernachlieferungskapazität verfügt. Zu Trockenzeiten entsteht große Trockenis und, wie eine hier nicht dargestellte Probenahme zeigt, zu Regenzeiten Staunässe. Eine Verdichtung der Weidefläche durch Viehtritt ist nicht nachzuweisen. Bemerkenswert sind die hohen Werte fein dispergierter organischer Substanz im Boden dieser Fläche, die den schon fast torfigen Charakter der von Grobwurzeln wenig durchsetzten obersten Bodenschicht verdeutlichen. Der niedrige pH-Wert steht damit in Zusammenhang.

Die Bodentemperaturen der Deponie sind die höchsten aller Flächen, insbesondere die der tieferen Bodenschichten. Auf allen Flächen sinken die Temperaturen mit zunehmender Bodentiefe. Dieser Temperaturabfall ist im Boden der Deponie am wenigsten ausgeprägt. Die Ursache ist im geringen Wassergehalt des Bodens und im fehlenden Grundwasserschluß zu suchen. Da die Temperaturunterschiede innerhalb und zwischen den Flächen zum Zeitpunkt der Probenahme nicht sehr groß sind, wird ihnen keine große Bedeutung für die Ausbildung der Vertikalverteilung der Bodentiere zugemessen.

Wie die erhobenen Bodendaten zeigen, besitzen alle Flächen sehr spezifische, nur ihnen zukommende Eigenheiten. Der Brachlandboden ist durch die Überschichtung beeinflusst und weist wie der Wiesenboden einen hohen Grobwurzelanteil auf; der Boden der Weide ist stark anmoorig mit ausgesprochen kleiigem Untergrund und durch diese Faktorenkombination je nach Witterungsverhältnissen trocken oder staunäß; der Deponieboden ist sehr sandig, trocken, verdichtet, humusarm und besitzt neutrale Reaktion.

Tabelle 1

Bodenkundliche Kennwerte der Probeflächen

	Tiefe (cm)	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
Lagerungsdichte ($\text{g m}_x/100\text{cm}^3$)	0-4	24.3	32.4	28.1	84.1
	4-8	42.1	68.6	56.0	115.6
	8-12	67.2	89.8	81.9	135.5
Wassergehalt % (bezogen auf m_x) (aktuell)	0-4	144.4	115.4	60.1	23.1
	4-8	116.7	65.4	49.3	19.4
	8-12	94.6	63.2	41.0	18.2
Wassergehalt abs. ($\text{g}/100\text{cm}^3$) (aktuell)	0-4	33.6	34.4	16.5	19.0
	4-8	41.7	43.7	24.1	21.4
	8-12	56.0	54.8	29.4	24.2
pH-Wert	4-8	4.56	4.11	4.06	7.36
	8-12	4.19	4.19	4.12	7.38
CaCO_3 (%)	4-8	0.37	0.28	0.35	1.81
	8-12	0.25	0.26	0.35	1.29
Sandanteil (%)	4-8	20.2	23.7	24.2	80.3
	8-12	21.2	24.5	22.3	79.9
Ton- u. Schluffanteil (%)	4-8	78.8	74.3	55.9	26.5
	8-12	76.1	78.3	83.2	28.5
Organ.Substanz (%) (ohne Grobwurzeln)	0-4	27.7	19.0	47.7	3.7
	4-8	19.4	11.3	26.4	2.6
	8-12	17.0	7.6	11.9	2.4
Grobwurzeln (% m_x)	0-4	23.3	8.6	9.3	0.8
	4-8	12.4	5.1	0.8	0.1
	8-12	3.1	3.4	0.2	0.0
Bodentemp. °C (aktuell)	0	6.3	7.0	6.6	7.8
	4	5.1	5.6	4.5	7.1
	8	5.1	5.5	4.5	7.1
	12	5.1	5.5	4.3	7.1

 m_x = Xeromasse

3.2 Die Gruppen der Mesofauna

Die gefundenen Abundanzen für Acari und Collembola von 41×10^3 Ind m^{-2} bis 189×10^3 Ind m^{-2} , bzw. 14×10^3 Ind m^{-2} bis 79×10^3 Ind m^{-2} (Tabelle 2) liegen im mittleren bis hohen Bereich der von PETERSEN (1982) zusammengestellten Abundanzschätzungen für Grünländer. Die höchste Besiedlungsdichte durch die Mesofauna insgesamt weist die Brachlandfläche auf, gefolgt von Wiese, Deponie und Weide.

Die hohe Besiedlung des Brachland- und auch des Wiesenbodens im Vergleich zum Deponieboden ist auf das günstige Hohlraumsystem, den andauernden Bestandesabfall und auf die Dämpfung der Amplitude abiotischer Faktoren, wie Feuchtigkeit und Temperatur, durch die Vegetationsschicht zurückzuführen. Die Bedeutung der isolierenden Bodenbedeckung ist bekannt (MORGENWECK 1941, KARG 1961, KOEHLER 1983). Auch die feuchten, aber nicht staunassen Verhältnisse fördern die Entwicklung der Mesofauna (SCHIMITSCHEK 1938). Der negative Effekt der Bodenverdichtung auf Elemente der Bodenfauna, der durch das Befahren mit Maschinen auf der Deponie eingetreten ist, wurde von BROCKMANN (1980) nachgewiesen. Negative Auswirkungen von Bodenverdichtung auf die Mesofauna wurden auch von WILCKE 1963, ARITAJAT et al. (1977), HERMOSILLA et al. (1978) und GARAY (1981, 1982) gefunden.

Ähnliche wie die geschilderten Verhältnisse von den Wiesen und der Deponie wurden bei Vergleichen von Wiesen und Äckern beobachtet (KARG 1960, 1961, SCHALK 1968). Die geringe Besiedlung der Weide muß mit den starken Wassergehaltsschwankungen ihres Bodens zusammenhängen.

Die untersuchten Gruppen sind in den drei untersuchten Bodenschichten erwartungsgemäß geklumpt verteilt (Varianz/Mittelwert > 1) und zwar sowohl in den jeweiligen Bodenschichten als auch in den errechneten 0-12 cm Proben. Die Standardabweichungen der meisten Gruppen sind im Verhältnis zu den jeweiligen Mittelwerten (Variationskoeffizient für 0-4 cm) auf der Weide am höchsten (über 100%). Für die einzelnen Bodentiefen verhält sich der Variationskoeffizient unterschiedlich. Besonders für die Gamasina sind die Werte für 0-12 cm niedriger als die der einzelnen "Horizonte", jedoch immer über 50%.

Tabelle 2.

Abundanzen der Gruppen (in Tsd./m²)

	Tiefe cm	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
Collembola	0-4	44.8	28.5	8.6	29.6
	4-8	24.7	8.3	2.6	8.6
	8-12	9.6	1.9	2.5	3.5
Symphypleona	0-4	0.7	5.3	1.0	0.7
	4-8	-	0.3	-	-
	8-12	-	-	-	-
Protura	0-4	-	-	-	-
	4-8	-	-	-	0.3
	8-12	-	0.3	-	0.5
Acari	0-4	93.9	106.2	33.8	41.4
	4-8	80.0	26.9	3.6	12.1
	8-12	15.1	13.3	2.1	6.1
Gamasina	0-4	4.4	3.1	2.4	2.7
	4-8	3.1	0.9	0.6	2.2
	8-12	2.0	0.3	0.3	1.6
Oribatei	0-4	62.2	74.9	20.2	5.4
	4-8	45.8	11.8	0.5	0.4
	8-12	7.1	3.9	0.5	0.0
Collembola	0-12	79.1	38.7	13.7	41.7
Acari	0-12	189.1	146.4	40.6	59.6
Gamasina	0-12	9.5	4.2	3.3	6.5
Oribatei	0-12	115.1	90.6	21.2	5.1

Biomassen Gamasina (m _h in mg)	0-12	210.2	65.6	79.4	144.6
---	------	-------	------	------	-------

m_h= Hygromasse

Die Gruppenspektren der vier Flächen für die Bodentiefe von 0-12 cm sind in Abb.2 grafisch dargestellt. Deutlich setzt sich die Deponiefläche von den anderen Flächen ab, wobei besonders der geringe Anteil der Oribatiden und der hohe Anteil der Arthropleona ins Auge fällt.

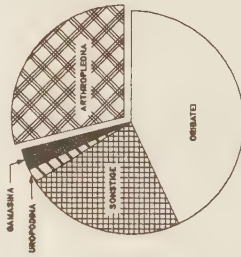
Die Vertikalverteilung der Synusien besonders der Milben ist auf den Flächen sehr unterschiedlich (Tab. 2). Die Bodentiefe von 0-4 cm wird auf der Weide von fast 86% der Lebensgemeinschaft der Milben besiedelt, im Gegensatz zur Brachfläche, wo nur knapp 50% der Acari in dieser oberen Schicht leben und über 42% in der Tiefe von 4-8 cm. Die Wiese und die Deponie nehmen eine Mittelstellung zwischen diesen beiden Extremen ein, wobei die tieferen Schichten der Deponie noch etwas stärker besiedelt werden als die der Wiese. Die Besiedlung der einzelnen Horizonte nimmt für alle Gruppen bei den gestörten Flächen (Brachland, Deponie) mit zunehmender Tiefe weniger rasch ab als bei der Wiese und der Weide (Ausnahme: Oribatei der Deponie).

Die Anteile der Acari an der Abundanz der Mesofauna der Brachfläche und Deponie sind für den ersten Horizont wesentlich niedriger, die der Collembola dafür umso höher als die entsprechenden Werte der anderen Flächen. Dies deutet auf den frühen bis mittleren Sukzessionsstand dieser Flächen hin (KUBIENA 1958, DUNGER 1968).

Die Oribatei wurden hauptsächlich im oberen Horizont gefunden. Lediglich beim Brachland leben hier weniger als 80% der Synusie (54%), da der zweite Horizont noch dicht besiedelt ist. Dies ist auf die Überschichtung zurückzuführen. Die Vertikalverteilung der Gamasina ist auf Brachland und Deponie ähnlich, mit leicht abfallender relativer Besiedlungsdichte von 46 bzw. 42% (0-4cm) auf 21 bzw. 25% (8-12cm). Der untere Horizont wird bei den anderen Flächen von weniger als 10% der Individuen der Synusie besiedelt.

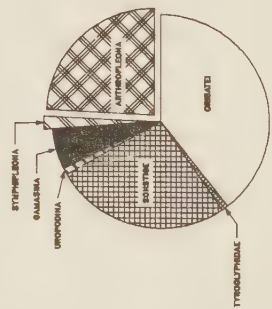
GRUPPENSPEKTREN VON BRACHLAND, WIESE, WEIDE, DEPONEE, 0-12 cm

ACARI U. APTERYGOTA-BRACHLAND, 29.11.79, 0-12CM



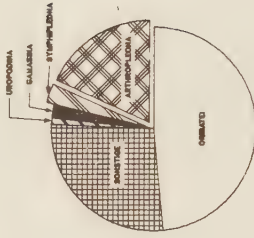
DOMINANTEN

ACARI UND APTERYGOTA-WEIDE, 29.11.79, 0-12CM



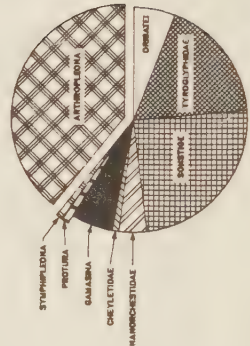
DOMINANTEN

ACARI UND APTERYGOTA-WIESE, 29.11.79, 0-12CM



DOMINANTEN

ACARI U. APTERYGOTA-DEPONEE, 29.11.79, 0-12CM



DOMINANTEN

Abb.2: Dominanzspektren auf Abundanzbasis der Collembola und der Gruppen der Acari der vier Flächen.

Kleinträumlich begrenzte Variationen besonders der Faktoren Wassergehalt des Bodens und Verfügbarkeit der Nahrung sind von großer Bedeutung für die Verteilung der Tiere (USHER 1976). Kleinhabitate, wie Grasbulten oder Streuansammlungen werden unterschiedlich besiedelt (MACFADYEN 1952, BLACKITH 1974, CURRY & GANLEY 1977, DUNGER 1978). Die meisten Tiere wurden in Bultenproben gefunden. Auf der Deponie hat eine Vegetationsbedeckung durchweg einen positiven Effekt auf die Siedlungsdichte. Ansammlungen unzersetzter Streu, wie sie auf der Weide gefunden wurden, weisen verhältnismäßig niedrige Abundanzen auf. Die Oribatei erreichen im Bulten ihre Maxima, die Gamasina häufiger in der Streu (im Gegensatz zu den Befunden DUNGERS 1978). Stark tonige Proben werden generell gering besiedelt, sandige Proben der Deponie verstärkt von Tyroglyphiden.

Die Unterschiede zwischen den Flächen wurden mit dem MANN-WHITNEY U-Test auf Signifikanz geprüft. Für die jeweiligen Flächen und Bodentiefen konnten die Abundanzunterschiede der in Tabelle 3 aufgeführten Gruppen auf dem $P < 5\%$ -Niveau gesichert werden.

Tabelle 3.

Signifikant unterschiedliche Gruppen (Abundanzwerte), $P < 5\%$, MANN-WHITNEY-U-Test.

	Wiese	Weide	Deponie
Brachfläche			
0-4 cm	-	Ac,Or,Coll	Or
4-8 cm	-	Ac,Or,Ga,Son,Coll	Or,Son
8-12cm	-	Ac,Or,Son,Coll	Or,Na,Coll
Wiese			
0-4 cm		Ac,Or,Coll	Ac,Or
4-8 cm		Ac,Or,Coll,Sm	Or,Sm
8-12cm		Ac,Or,Pr	Or,Ga,Na
Weide			
0-4 cm			Na,Che,Son,Coll
4-8 cm			Ac,Ga,Na,Coll
8-12cm			Ac,Or,Ga,Na,Son

Ac= Acari, Or= Oribatei, Ga= Gamasina, Na= Nanorchestidae, Son= Sonstige Milben, Coll= Collembola, Sm= Symphypleona, Pr= Protura.

Die Berechnung von Korrelationskoeffizienten (PEARSON) zum Nachweis von Interaktionen zwischen den Gruppen ergibt für Gamasina und Oribatei auf der Wiese und der Weide r -Werte von über 0.80. Auf diese Weise konnten keine Zusammenhänge der Gamasina mit ihren potentiellen Beuten Collembola und Tyroglyphidae gefunden werden. Die Bedeutung von Korrelationskoeffizienten und darauf basierenden statistischen Verfahren ist begrenzt, da sie nur Aussagen über das Ausmaß von Zusammenhängen, aber nicht über Kausalitäten machen. In Multivarianzanalysen können sie jedoch zum Aufdecken von verborgenen Strukturen und Zusammenhängen beitragen.

Abschließend läßt sich sagen, daß die Besiedlung der Böden der vier Flächen durch die ausgewählten Gruppen der Mesofauna mit den Bodenverhältnissen und dem Humusgehalt bzw. dessen Qualität zusammenhängt. Die pedologischen Gegebenheiten beeinflussen die Wohndichten zum größten Teil indirekt. Die höchsten Siedlungsdichten werden im Boden der Brachlandfläche, die niedrigsten im Weideboden gefunden. Die relativen Anteile der jeweiligen Gruppen stehen im Zusammenhang mit der Geschichte der Flächen. Es zeichnen sich Ähnlichkeiten von Deponie und Brachlandfläche ab, die sukzessionsbedingt zu sein scheinen. Soweit die vorliegende Untersuchung darüber Aufschluß geben kann, bestehen keine Assoziationen von Pflanzenarten und Tieren. Die Abundanz und die Zusammensetzung der Synusien wird jedoch von der Bestandesstruktur beeinflusst.

3.3. Die Synusien der Gamasina

Die Synusie der Gamasina stellt eine weitgehend homogene Phagotaxozönose dar. Sie ist eine für die Folgefragestellung der Besiedlung der Deponie bedeutsame Gruppe (vgl. 1.). Aus diesen Gründen wurde sie für weitergehende strukturelle Untersuchungen ausgewählt. Als Strukturparameter wurden die vorne aufgeführten Größen ermittelt.

Die Arten der Gamasina treten noch stärker geklumpt auf als die mesofaunistischen Gruppen. Statistische Überlegungen besitzen daher nur geringe Aussagekraft. Die Artenarealkurven von Abb.3 zeigen, daß ein Stichprobenumfang von 6 Proben sehr gering ist, während die Anzahl von 12 Proben annehmbare Ergebnisse liefert. Vor diesem Hintergrund sind die folgenden Ergebnisse und ihre Interpretationen zu sehen.

Die höchste Besiedlung durch Gamasina wird mit fast zehntausend Individuen pro Quadratmeter auf der Brachwiese gefunden, gefolgt von Deponie, Wiese und Weide, die nur noch von wenig mehr als dreitausend Gamasinen pro Quadratmeter besiedelt wird. Die Biomassen der Populationen wurden mit Hilfe von Literaturwerten abgeschätzt (HUHTA et al. 1979) und dann aufsummiert, um die Biomassen der Synusien zu erhalten. Die Reihenfolge der Biomassen ergibt dann, hauptsächlich aufgrund der unterschiedlichen Parasitidae-Abundanzen (vgl. BLOCK 1966), folgendes Bild: Brachland > Deponie > Weide > Wiese (Tab.2). Hierbei wird die Bedeutung der artspezifischen Biomassenbestimmung deutlich: die Synusie der Wiese besteht zum überwiegenden Teil aus kleinen, leichten Arten.

Der Anteil der Gamasina an der Abundanz der Acari beträgt auf der Brachfläche max.15%, auf der Wiese max.8%, auf der Weide max.29% und auf der Deponie max.32%. Die höchsten Werte werden jeweils in der Schicht von 4-8 cm erreicht (beim Brachland 8-12 cm).

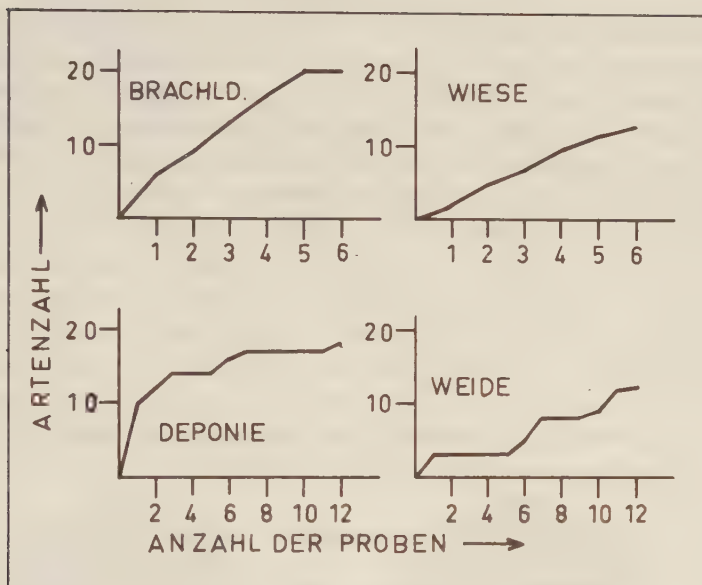


Abb.3: Artenarealkurven für die Gamasina der vier Flächen.

Insgesamt wurden 38 Arten nachgewiesen, von denen nur 14 (37%) auf mehreren Flächen vorkommen. Die Anzahl der gefundenen Arten je Fläche bewegt sich zwischen 11 und 20, wobei die gestörten Flächen (Brachwiese und Deponie) die höchsten Werte aufweisen (Abb.3). Die hohe Artenzahl der Deponie, die diese Fläche deutlich von einer Ackerfläche absetzt, bildete sich innerhalb einer ca. 3jährigen ungestörten Sukzession. Sie ähnelt in dieser Hinsicht der Brachfläche, deren Entwicklung allerdings nur gestört wurde und die sich innerhalb eines Jahres erholen konnte.

Die Artenspektren der Flächen für 0-12 cm Bodentiefe zeigt Abb.4, wobei z.T. mehrere Arten zu den entsprechenden Gattungen bzw. Familien zusammengefaßt wurden. Besonders auffallend sind die unterschiedlichen Anteile von den unter Rhodacaridae zusammengefaßten Gattungen *Rhodacarellus* und *Rhodacarus* und von den unter *Dendrolaelaps* angeführten Gattungen *Dendroseius* und *Dendrolaelaps*. *Arctoseius cetratus* tritt auf der Weide an die Stelle von *Rhodacarellus silesiacus*. Die Abundanzen und Dominanzen der gefundenen Arten sind für 0-12 cm und nach Horizonten untergliedert im Anhang A zusammengestellt.

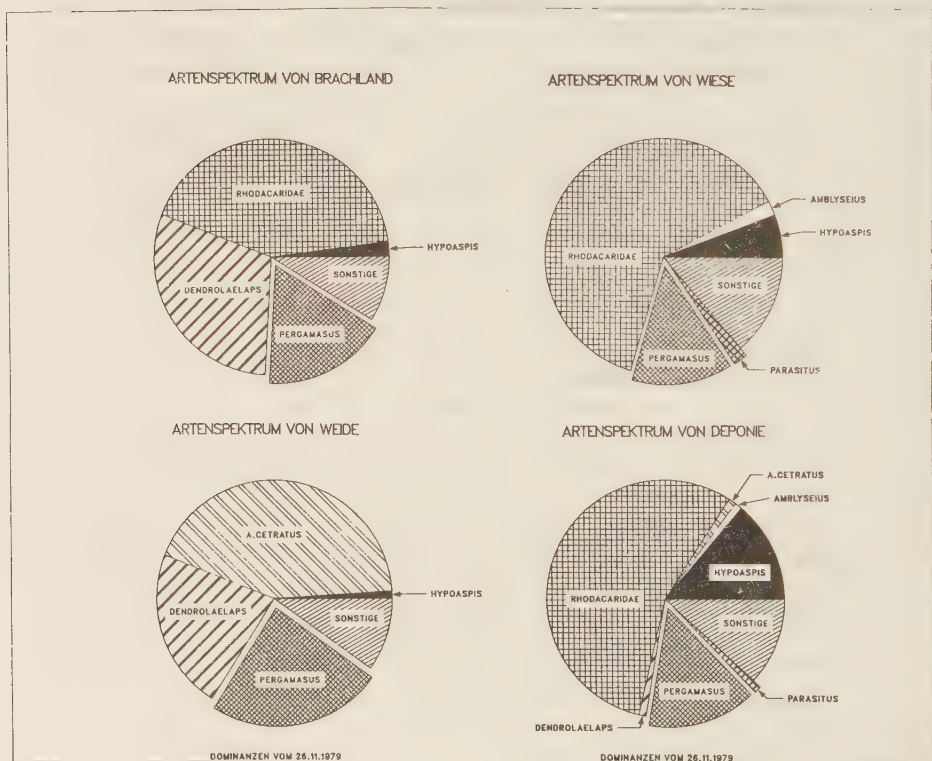


Abb.4: Dominanzspektren der Arten der Gamasina für 0-12 cm Bodentiefe (Abundanzbasis).

In Tabelle 4 sind die Arten nach der Häufigkeit ihres Auftretens in den untersuchten Flächen (Konstanz sensu TISCHLER 1947) und nach ihrer Dominanz geordnet für die Bodentiefe 0-12 cm aufgeführt. Unähnlichkeiten und Besonderheiten der Artenzusammensetzung der Flächen werden somit deutlich (discontinuity concept, DUNGER 1975). Die Brachlandfläche wird durch *Rhodacarellus silesiacus* und *Dendroseius reticulatus* charakterisiert, die Wiese durch *Rhodacarus coronatus*, die Weide durch *Arctoseius cetratus* und *Dendrolaelaps foveolatus* und die Deponie durch *Rh.silesiacus* und *Protogamasellus dispar*. Die Beschreibung der Synusien auf der Basis der Dominanzwerte birgt die Gefahr, daß punktuelle Ansammlungen überbewertet werden. Ein realistischeres Bild erhält man durch die zusätzliche Berücksichtigung der Konstanz. Für das Brachland ergibt sich dann eine *R.silesiacus* - *R.coronatus* - *D.reticulatus* - Synusie, die übrigen bleiben unverändert wie oben beschrieben.

In mehr als 50% der Proben (jeweils 0-12cm) treten folgende Arten auf:

Brachfläche: *R.silesiacus*, *R.coronatus* und *D.reticulatus*,

Wiese: *R.coronatus*,

Weide: *A.cetratus*,

Deponie: *R.silesiacus*.

Tabelle 4.

Auftreten der Gamasina-Arten in den Böden der vier Flächen.
Dominanzwerte für 0-12 cm Bodentiefe.

	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
<i>Pergamasus runcatellus</i>	8	5	10	10
<i>Pergamasus vagabundus</i>	1	2	1	
<i>Rhodacarellus silesiacus</i>	25	6		28
<i>Rhodacarus coronatus</i>	17	58		9
N.det	1	2		1
<i>Allothrips siculus</i>	3		8	3
<i>Pergamasus crassipes</i>	1		2	1
<i>Pergamasus septentrionalis</i>	4		1	4
<i>Zercon (Mixozercon) sellnicki</i>	1	5		
<i>Pergamasus spec.</i>	1	6		
<i>Hypoaspis nolli</i>	2		1	
<i>Dendrolaelaps spec.</i>	1		1	
<i>Hypoaspis claviger claviger</i>		5		8
<i>Hypoaspis angusta</i>		2		6
<i>Artoseius cetratus</i>			43	1
<i>Dendroseius reticulatus</i>	28			
<i>Ameroseius corbiculus</i>	3			
<i>Dendrol. angulosus</i>	2			
<i>Macrocheles carinatus</i>	1			
<i>Pergamasus celticus</i>	1			
<i>Pergamasus misellus</i>	1			
<i>Pergamasus conus</i>	1			
<i>Veigaia exigua</i>	1			
<i>Leioseius bicolor</i>		6		
<i>Parasitus berlessei</i>		3		
<i>Amblyseius obtusus</i>		2		
<i>Pergamasus nasellus</i>		2		
<i>Dendrol. foveolatus</i>			14	
<i>Pergamasus runciger</i>			10	
<i>Dendrol. strenzkei</i>			7	
<i>Pachylaelaps spec.</i>			2	
<i>Protogamasellus dispar</i>				15
<i>Veigaia planicola</i>				5
<i>Leitneria pugio</i>				5
<i>Rhodacarus ancorae</i>				3
<i>Amblyseius spec.</i>				1
<i>Dendrol. rotundus</i>				1
<i>Pergamasus suecicus</i>				1
<i>Parasitus spec.</i>				1

Die Konstanz einer Art (Frequenz sensu TISCHLER 1947) ist von ihrer Abundanz und von ihrer Verteilung abhängig. Nach BALOGH (1958) entfallen in einem gleichförmigen Tierbestand die meisten Arten auf die höchste und niedrigste Konstanzklasse (Klassengrenzen 20, 40, 60, 80%) und wenig Arten auf die mittleren Klassen. Bei graphischer Darstellung der Werte ergeben sich dann für Zönosen mit homogener Verteilung U- oder J-förmige Kurven. Die in Abb.5 dargestellten Grafiken lassen diese Form nur annähernd erkennen. Die mittels der vorliegenden Stichprobenzahl abgeschätzte Zusammensetzung der Gamasinensynusie weist also einen fragmenthaften Charakter auf, der bei einer nach den drei Bodentiefen differenzierten Auswertung noch stärker zum Tragen kommt. Diese Form der Kurven wurde von SCHALK (1968) bei zunehmender Gleichförmigkeit des Gesamtfaktorenkomplexes des jeweiligen Standortes für die Oribatiden-Synusie festgestellt. In der vorliegenden Untersuchung ergab sich für die Weide die am stärksten reduzierte Kurve.

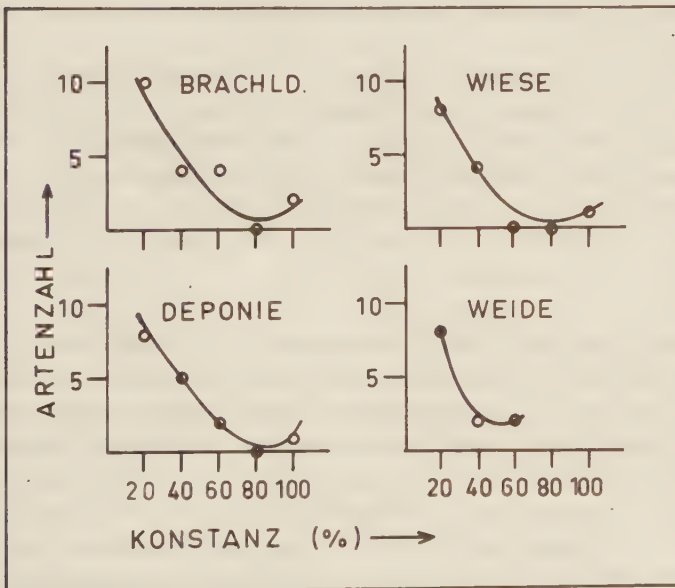


Abb.5: Konstanzkurven der Gamasinen-Synusien der vier Flächen.

Bei der Betrachtung der einzelnen "Horizonte" zeigt sich, daß *R.coronatus* auf der Wiese und *A.cetratus* auf der Weide in allen 3 Bodentiefen dominieren. Auf der Brachfläche sind *D.reticulatus* in der Tiefe von 0-4 cm, *R.coronatus* in 4-8 cm und *R.silesiacus* in 8-12 cm vorherrschend und auf der Deponie in gleicher Reihenfolge *P.runcatellus*, *R.silesiacus*/ *P.dispar*, *R.silesiacus*. Dominanzen von über 5% werden außerdem erreicht von den Arten: *A.corbiculus* (Brachland); *H.claviger claviger*, *H.angusta*, *L.bicolor*, *Z.sellnicki*, *P.nasellus* (alle Wiese); *A.siculus*, *D.strenakei*, *P.runciger* (alle Weide); *A.siculus*, *L.pugio*, *V.planicola* (alle Deponie).

Vorwiegend bis ausschließlich in den 0-4 cm - Proben aller Flächen wurden die Arten der Familie der Parasitidae gefunden, weiterhin *A.siculus*, *H.claviger claviger*, *M.carinatus*, *L.bicolor*, *Amblyseius*-Arten, *D.strenakei*, *D.foveolatus*, *D.rotundus*, *L.pugio*, *R.ancorae*.

Schon die Bodentiefe von 4-8cm wird, mit Ausnahme der Brachfläche, vorwiegend von schmalen, flexiblen Arten besiedelt, wie von *A.cetratus*, Arten aus der Familie der Rhodacaridae und Nymphen und Larven der Parasitidae.

Im untersten "Horizont" von 8-12 cm wurden vorwiegend die Tiefenbewohner *H.angusta* und *R.silesiacus* gefunden.

Besonders die Bodentiefe 4-8 cm der Brachfläche nimmt eine Sonderstellung ein, die in der niedrigen Lagerungsdichte belegt ist: sie entspricht ungefähr dem 0-4cm "Horizont" der Fläche vor der Überschiebung. Das hohe Porenvolumen erlaubt die Existenz von großen Milben, wie den *Pergamasus*-Arten.

In Abb.6 wird der Versuch unternommen, die Flächen durch drei Faktorenkomplexe zu charakterisieren und die Synusien in den damit darstellbaren Raum einzutragen. Folgende Zusammenhänge zeichnen sich ab: *R.silesiacus* (RSIL) scheint demnach von der Bodenfeuchte und dem Humusgehalt und den damit korrelierten Faktoren wenig betroffen, was einleuchtend ist, da diese Art vorwiegend die humusarmen, feuchten Tiefen der Böden besiedelt. Wie eigene Untersuchungen zeigten, ist sie in frühen Sukzessionsstadien dominant und für die Pioniersynusie charakteristisch. *R.coronatus* (RCOR) bevorzugt nach der Darstellung größere Bodenfeuchten und humusreiches Substrat und ist vom Sukzessionsszustand unabhängig.

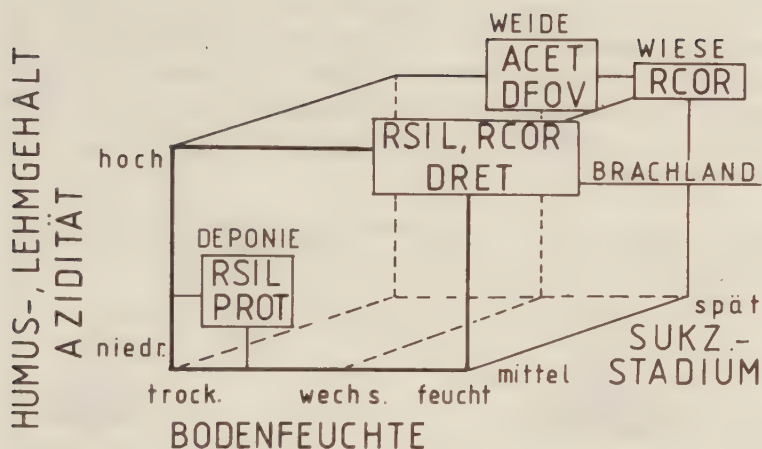


Abb.6: Kennzeichnung der Synusien durch charakteristische Faktorenkomplexe der Flächen. ACET= *A.cetratus*, DRET= *D.reticulatus*, DFOV= *D.foveolatus*, RCOR= *R.coronatus*, RSIL= *R.silesiacus*, PROT= *P.dispar*.

Direkte Assoziationen von Gamasina- mit Pflanzenarten konnten in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden. Die Phytocönose als solche ist jedoch für die Ausprägung zahlreicher Faktoren verantwortlich (Mikroklima, Bodenstruktur, Nahrung).

Auf das unterschiedliche Auftreten von *A.cetratus* und *R.silesiacus* sowie von weiteren Charakterarten wird in der Diskussion (4.3) ausführlicher eingegangen.

Die Tiefenverteilung der dominanten Gamasina-Arten ist in Abb.7 dargestellt. *R.silesiacus* ist ein ausgesprochener Tiefenbewohner des Deponie- und Brachflächenbodens. *R.coronatus* lebt hauptsächlich in den oberen beiden Schichten von 0-8cm. Der Besiedlungsschwerpunkt dieser Art liegt bei der Brachfläche und der Deponie im zweiten "Horizont", bei der Wiese im ersten.

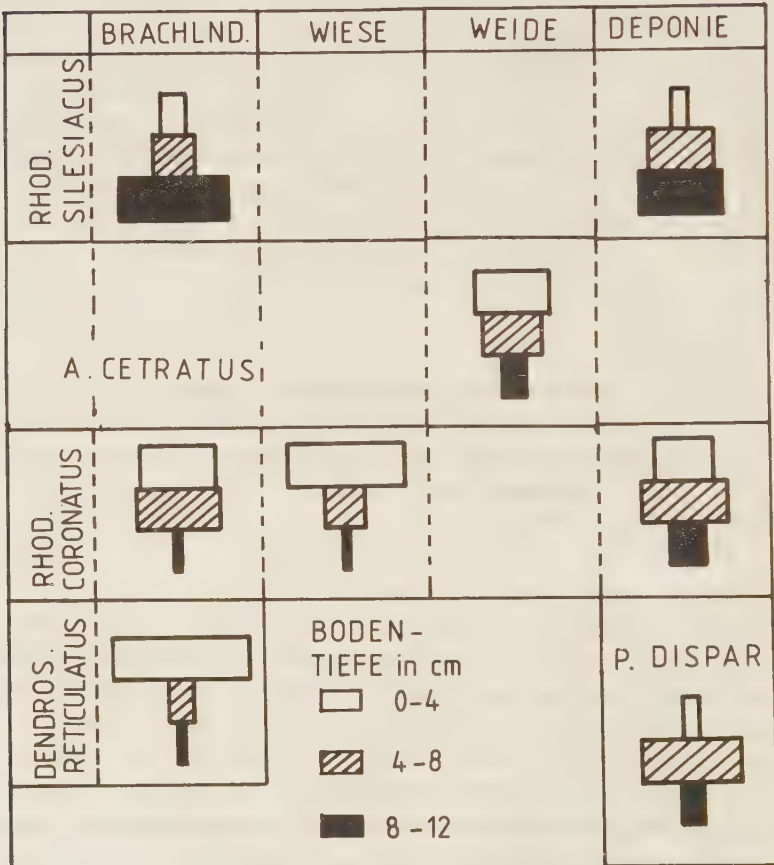


Abb.7: Tiefenverteilung der Populationen einiger dominanter Arten.

Außer den typischen, nur bis zu einer Tiefe von 4 cm gefundenen Oberflächenbewohnern, wie *H. claviger claviger* und den Parasitidae, sind auf der Deponie keine Verteilungsmaxima im ersten Horizont festzustellen, jedoch auf allen anderen Flächen. Die von KARG (1961) als typische Bewohner der oberen Streuschicht von Wiesen beschriebenen *P. crassipes* und *P. septentrionalis* wurden auf der Wiese nicht gefunden, aber auf den anderen drei Flächen.

Die Vermeidung von Konkurrenz könnte die Ursache für die gegenläufigen Verteilungen von *D. reticulatus* und *R. silesiacus* im Boden der Brachfläche sein. *D. reticulatus* besitzt im oberen Horizont eine Dominanz von 50%, *R. silesiacus* im untersten von 80%. Nahrungskonkurrenz ist jedoch, soweit bislang Studien darüber vorliegen, im Boden selten (CURRY 1978). Sie wird durch die Bodenmikrostruktur (HAARLÖV 1960), das Aggregationsverhalten (USHER 1976) und physikalische und chemische Gradienten niedrig gehalten. Die relative große Breite von 170 µm von *D. reticulatus* erklärt, weshalb diese Art nicht die engen Poren der tieferen Bodenschichten besiedelt. Daß jedoch *R. silesiacus* (130 µm maximale Breite) nicht auch die weiträumigen oberen Bodenschichten bewohnt, muß andere Gründe haben: das wechselhafte Mikroklima könnte ein Abwandern in die Tiefe bewirken, der Feinddruck durch die großen Gamasina der oberen Schichten könnte die wenig sklerotisierte Art an der Besiedlung hindern, oder es liegt doch ein seltener Fall von Nahrungskonkurrenz vor.

Wird die vielfältige, auf Artenzahl und Abundanz basierende Information zu Diversitäts- und Ähnlichkeitsindices konzentriert, so ergibt sich folgendes Bild (alle Indices für 0-12 cm): die gestörten Flächen Brachland und Deponie besitzen die höchsten Diversitäten von $H > 2$ (SHANNON-WEAVER-Index, Abb.8). Die höchste Äquität wird auf der Deponie gefunden (0.802), gefolgt von Weide (0.736), Brachland (0.692) und Wiese (0.579).

Die im Vergleich zu den anderen Flächen relativ ausgeglichene Dominanzstruktur von Brachland und Deponie ist auf ihre hohe Habitatkomplexität zurückzuführen, die durch die Bestandesstruktur der Phytozönose (Bulten, Stauden) hervorgerufen wird. Weiterhin deuten die hohe Artenzahl und die Dominanzstruktur der gestörten Flächen auf ein mittleres Sukzessionsstadium. Die Lebensgemeinschaften der Tiefe sind nicht nur durch Artenverarmung, sondern auch durch starke Dominanzkonzentration gekennzeichnet. Derartig strukturierte Synusien sind typisch für frühe Sukzessionsstadien (PIANKA 1976) oder für Habitate, die spezielle Anforderungen an ihre Bewohner stellen.

Schlüsselt man die Indices nach den drei Bodentiefen auf, so ergeben sich z.T. von den 0-12 cm-Werten abweichende Resultate. Die höchsten Diversitätswerte werden, wie bei den 0-12 cm-Werten, auf der Deponie und im Brachland erreicht, jedoch bei der Deponie im ersten und beim Brachland im zweiten "Horizont". Die geringste Diversität besitzt die Weide in der Schicht von 8-12 cm, wo ausschließlich *A.cetratus* vorkommt. Die Synusien der Tiefe 0-12 cm weisen generell geringere Äquitäten auf als die der oberen Bodenschicht.

Brachland und Deponie haben die höchste Artenzahl bei wenig ausgeprägter Dominanz und einer Anzahl subdominanter bis rezessiver Arten. Dies läßt auf ein mittleres Sukzessionsalter schließen. Der Verlauf der Dominanzrangkurven läßt eine ähnliche Ressourcennutzung der Gamasina dieser beiden Flächen vermuten. Diese Hypothese wird durch die unterschiedlichen Äquitätswerte jedoch nicht unterstützt.

DOMINANZRANGKURVEN: BRACHLAND, WIESE, WEIDE, DEPONIE

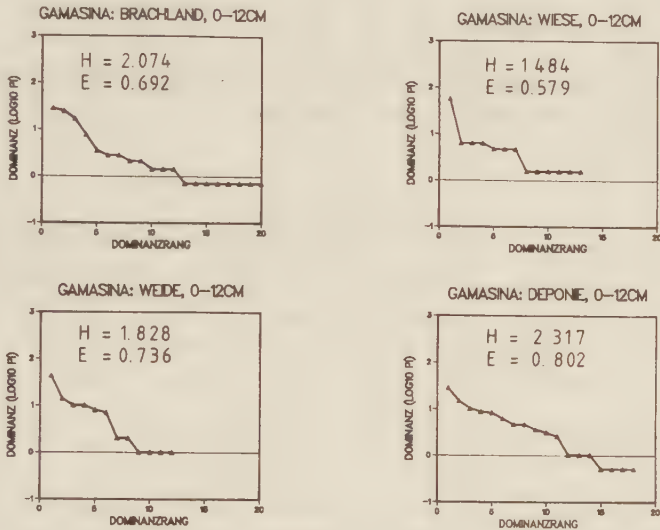


Abb.8: Dominanzrangkurven (logarithmierte Dominanzwerte $\log_{10} p_i$) der vier Flächen; Gamasina, 0-12 cm. Eingetragen sind der SHANNON-WEAVER-Index H und die Äquität $E = H/H_{\max}$.

Die größte Ähnlichkeit bezüglich des Artenbesatzes (SÖRENSEN-Index) besitzen Brachfläche und Wiese. Betrachtet man die Dominanzverhältnisse (RENKONEN-Zahl), so sind sich jedoch die Brachfläche und die Deponie am ähnlichsten. Diese Ergebnisse sind in den Ähnlichkeitsnetzen von Tabelle 5 und den Dendrogrammen von Abb.9 dargestellt.

Tabelle 5.

Ähnlichkeitsnetz der Arten-, Dominanten- und Konstantenidentitäten der vier Flächen; Gamasina, 0-12 cm Bodentiefe.

SÖRENSEN-Index (%)				
	Brachld.	Wiese	Weide	Deponie
Brachld.	- -	42.4	43.8	36.8
Wiese	32.7 39.3	- -	16.8	38.7
Weide	14.9 12.0	5.7 5.7	- -	33.3
Deponie	48.5 33.9	27.0 18.5	15.1 12.3	- -
RENKONEN-Zahl				
KULCZYNSKI'sche Zahl (%)				

Die Dendrogramme in Abb.9 machen deutlich, daß die RENKONEN-Zahl eine differenziertere Aussage über die Ähnlichkeiten der Flächen macht. Die Verzweigungspunkte des "RENKONEN-Bäumchens" sind weiter aufgefächert als die der SÖRENSEN-Zahl. Artenidentität ist eine notwendige Voraussetzung für Dominantenidentität, muß sich aber keineswegs mit ihr decken.

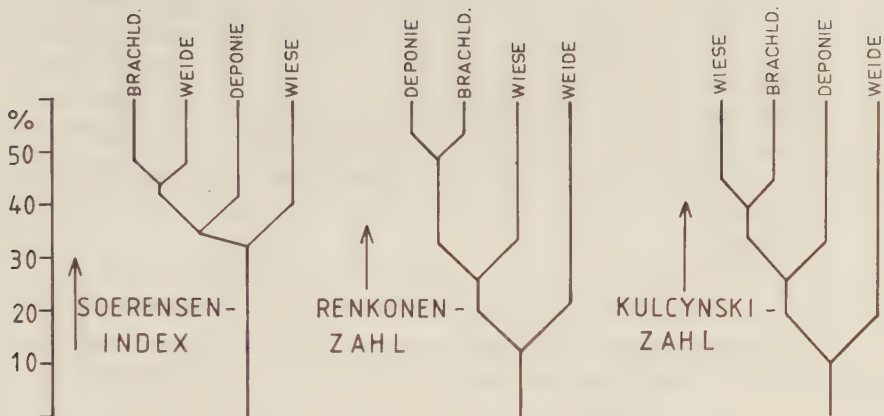


Abb.9: Dendrogramme der Arten-, Dominanten- und Konstantenidentitäten der vier Flächen; Gamasina, 0-12 cm.

Die vergleichsweise hohe Dominantenidentität der beiden gestörten Flächen wird durch *R. silvaticus* verursacht. Der hohe Wert weist auf einen ähnlichen, mittleren Sukzessionsstand hin. Diese Erklärung wird auch durch die in Abb.8 dargestellten Dominanzrangkurven untermauert.

Die KULCYNski'sche Zahl versucht, den "Übereinstimmungsgrad der wesentlichen bestandbildenden oder wenigstens bestandtypischen Arten zweier Bestände oder Biotope" auszudrücken (BALOGH 1958). Tabelle 5 und Abb. 9 zeigen, daß dieser Index wiederum zu anderen Ergebnissen führt. Für die Ähnlichkeit von Brachland und Wiese ist *R. coronatus* verantwortlich (vgl. Anhang Tabelle A2). Der Wiesencharakter der beiden Flächen wird durch diesen Index hervorgehoben.

Die Ähnlichkeiten der Stratozönosen ergeben für jede Bodentiefe ein anderes Bild, wobei SOERENSEN-Index und RENKONEN-Zahl erwartungsgemäß nur in einigen Fällen ähnliche Aussagen ergeben. Die Flächen ähneln sich in der untersten Bodenschicht am meisten, wo die maximale Artenidentität (SÖRENSEN-Index) von 60,5 zwischen Brachland und Deponie und die maximale Dominantenidentität (RENKONEN-Zahl) von 54,5 zwischen Wiese und Deponie errechnet wurden. Die differenzierte Betrachtung trägt hier nicht zur weiteren Klärung der zöologischen Verhältnisse bei.

Die Artenidentität der Gamasina-Synusie des Deponiebodens mit den zusammengefaßten Umlandssynusien beträgt 40,8 % (SÖRENSEN-Index). Deutliche Unterschiede der Fauna von Halden- und Deponieböden zu denen von Feldern und Wäldern stellten auch LUFF & HUTSON (1977) fest. Auf einen analogen Vergleich der Dominanten- und Konstantenidentitäten wurde wegen der Verschiedenartigkeit der Umlandsynusien verzichtet.

Die Aufteilung des der Lebensgemeinschaft zu Verfügung stehenden "hyperspace"s in "hypervolumes" oder Nischen (HUTCHINSON 1958) kann Hinweise auf die Struktur und Organisation der Lebensgemeinschaft liefern. Als meßtechnisch einfachstes Maß für die Nutzung der Ressourcen ihres "hypervolumes" gilt ihre Abundanz. Dies ist mit vielen Mängeln behaftet. Die Rolle der Population in der Lebensgemeinschaft wird durch die bloße Anzahl ihrer Individuen nicht ausreichend beschrieben. Dennoch wurden auf der Basis der Abundanz besonders im englischsprachigen Raum zahlreiche Modelle entworfen, um die Struktur und Organisation von Lebensgemeinschaften zu untersuchen und zu charakterisieren.

Von den drei geläufigen Modellen, der "niche preemption hypothesis", der "log-normal distribution" und der "random niche boundary hypothesis" veranschaulicht das letztgenannte Modell von MACARTHUR (1958) deutlich die Unterschiede der Flächen und unterstützt die entwickelte Argumentation (Abb.10). Dieses "broken stick model" betont biologische Gegebenheiten im Gegensatz zu den anderen erwähnten Modellen, die mehr auf statistischen Überlegungen beruhen. MACARTHUR ging davon aus, daß die Verteilung der Ressourcen kontinuierlich sei und daß sich die Ansprüche

der Arten bei ihrer Nutzung nicht überlappen. Die jeweilige Nutzung der Ressourcen durch eine Art ist eine Folge ihrer Konkurrenzstärke, die eine Zufallsvariable darstellt. In dem Modell werden die Ressourcen linear als Stock dargestellt, der durch zufällig verteilte Bruchstellen in von den Populationen genutzte Stücke aufgeteilt wird ("broken stick model"). Ordnet man die Segmente logarithmisch nach ihren Rängen in absteigender Folge, so ergibt sich ein fast linearer Abfall (RICKLEFS 1978).

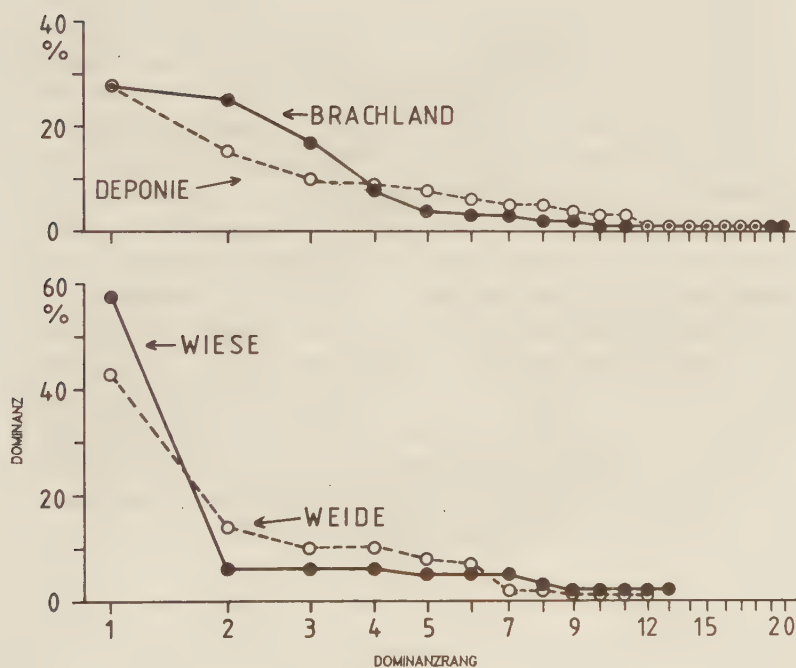


Abb.10: Dominanzrangkurven mit logarithmierten Rängen
(MACARTHURs "broken stick model").

Die Abb.10 zeigt, daß die Strukturen der Gamasinensynusien der gestörten Flächen mit der Annahme der randomisierten Ressourcennutzung in Einklang gebracht werden können. Das würde bedeuten, daß ein vielfältiger Lebensraum zur Verfügung steht, der von den ihn besiedelnden Arten so genutzt wird, daß sich nicht überlappende, durch Konkurrenz bestimmte Nischen ergeben. Die Lebensgemeinschaften von Wiese und Weide hingegen setzen sich deutlich von den beiden anderen durch Dominanzkonzentration ab und stellen somit stärker spezialisierte Synusien dar.

Mit Hilfe der quantifizierten Artenspektren der Gamasina konnten eindeutige Bezüge zu den Flächen hergestellt werden. Die Gamasina-Synusien der jeweiligen Böden sind durch charakteristische Artenzusammensetzungen gekennzeichnet, die sich stark unterscheiden. Von den gefundenen 38 Arten sind 24 (63%) stenotop, d.h., sie kommen nur auf einer der Flächen vor. Die Gamasina-Synusie des Deponiebodens setzt sich zu 44% aus Arten zusammen, die nicht im Umland gefunden wurden. Ähnlichkeiten der Dominanten werden zwischen den pedologisch sehr unterschiedlichen Flächen Brachland und Deponie deutlich, die durch Strukturmerkmale und das daraus abgeleitete "broken stick model" MACARTHURS noch offensichtlicher werden. Die Konstantenidentität weist das Brachland und die Wiese als Biotope mit der größten Ähnlichkeit aus. Die Diversitätsindices sind auf den zwei gestörten Flächen mit Werten von > 2 am höchsten. Die Gamasina-Synusien von Brachland und Deponie werden vom Sukzessionszustand der beiden Flächen geprägt.

4. Diskussion

4.1 Probenahmedesign und statistische Auswertung

Die Beschränkung der Untersuchung auf eine einmalige Probenahme hat zur Folge, daß lediglich der Spätherbst-Aspekt der Synusien der betreffenden Flächen erfaßt wurden. Die potentiellen Besiedler der Deponie, deren Abdeckschicht zur Zeit ihrer Schüttung fast unbesiedeltes Neuland darstellte, sind daher nur zum Teil bekannt geworden. Die gleichzeitige Untersuchung der verschiedenen Grünlandflächen läßt jedoch Vergleiche der Synusien und Schlüsse auf die Ansprüche ihrer Arten zu.

Bei der Konzipierung der Probenahme wurde Wert auf das Erfassen der qualitativen Besonderheiten der Flächen gelegt. Es wurde nicht versucht, die deutlich ausgebildeten Kleinhabitate und die Rhizosphären zumindest der dominanten Pflanzenarten getrennt und repräsentativ miteinzubeziehen. Vielmehr stand der Vielfalt der Habitatstruktur eine limitierte Probenzahl aus eben diesen zahlreichen Habitaten gegenüber, woraus sich die hohen Standardabweichungen der Abundanzwerte zwangsläufig ergeben. Selbst die in der Untersuchung differenzierten Grünländereien sind nicht als homogene Wiesen zu betrachten, sondern aus der mikroskopischen Warte der Kleinlebewesen als vielfältiges und vielschichtiges Muster von Kleinhabitaten, die, um sie repräsentativ zu beschreiben, eine große Zahl von Proben erfordern würden. Für die Zielsetzungen dieser Arbeit erschien jedoch das gewählte Probenahmedesign ausreichend.

Die aus den Einzelproben gewonnenen Individuenzahlen wurden nicht transformiert oder zu Medianen zusammengefaßt, sondern zu auf einen Quadratmeter hochgerechneten Summen. Die diesen Werten rechnerisch entsprechenden arithmetischen Mittelwerte sind als solche wegen der stark geklumpten Verteilung der Tiere nicht aussagekräftig. Da die Werte negativ binomial verteilt sind ($v/\bar{x} > 1$), könnte durch log-Transformation eine Normalverteilung approximiert werden, wodurch eine Mittelwertsbildung und die entsprechenden Tests möglich würden (CANCELA DA FONSECA 1965, 1966; HUHTA et al. 1979). Da die hohe Varianz jedoch durch die natürliche Habitatdiversität verursacht ist, die Werte also aus verschiedenen Grundgesamtheiten stammen, würde ein solches Verfahren die Daten zu Gunsten der Statistik bei Verlust biologischer Information "schönen". Dieses grundsätzliche Problem bleibt auch bei der Bildung des für Binomial-Verteilungen gültigen geometrischen Mittels bestehen.

Ob Medianwerte die Lebensgemeinschaften in guter Näherung charakterisieren, scheint fraglich, da lokale Ansammlungen von Tieren keine weglassenswürdigen Ausnahmeerscheinungen darstellen. Vielmehr scheint für die Reduzierung der statistischen Probleme eine nach Kleinhabitaten differenzierte Probenahme notwendig zu sein. Damit wäre auch den Homogenitätskriterien Rechnung getragen (CANCELA DA FONSECA 1965).

Zu demselben Ergebnis kamen ANDERSEN et al. (1984), die mit ihrer Untersuchung über den Einfluß der Habitatdiversität auf die Verteilung der Mesofauna die Notwendigkeit der selektiven Probenahme in heterogenen Habitaten zur Vermeidung extremer Varianzen darlegten.

4.2 Diskussion der Ergebnisse auf Gruppenebene

BERENDT et al. (1984) untersuchten am 11.12.79 die Bodenfauna einer anderen Teilfläche der Deponie, die sie mit einer Ruderalflur im Stadtgebiet Bremens verglichen. Beide Standorte trugen die gleiche Pflanzenassoziatiön (*Melilotetum albi-officinælis*) und unterschieden sich dadurch von der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Deponiefläche. Die von BERENDT et al. (l.c.) gefundenen Collembolen- und Acariabundanzen betragen für die Ruderalflur 200×10^3 bzw. 70×10^3 Ind m^{-2} und für die Deponie 150×10^3 bzw. 60×10^3 Ind m^{-2} . Die Autoren konnten also keine wesentlichen flächenbedingten Abundanzunterschiede feststellen. Die Besatzdichten der Acari entsprechen den in der vorliegenden Untersuchung gefundenen von 60×10^3 Ind m^{-2} . Die Abundanzen der Collembola sind jedoch im Melilotetum wesentlich höher als im Arctio-Artemisietum. Ob diese Unterschiede vegetationsbedingt sind, erscheint nach den Untersuchungen von BOLTE (1984) fraglich. Einen größeren Einfluß auf die Besatzdichten dürfte der kargere Boden der Artemisia-Fläche im Vergleich zur Melilotus-Fläche haben.

Die gefundenen Abundanzen der Milben und Collembolen in den Böden von Brachland und Wiese sind niedrig im Vergleich zu den in der Brachfläche vor der Überschichtung gefundenen Werte von $180 - 1840 \times 10^3$ Ind m^{-2} (Acari) und $70 - 120 \times 10^3$ Ind m^{-2} (Collembola; Werte vom Juni 1978; BROCKMANN et al. 1979). Die Besiedlungsdichten der beiden Gruppen im Deponieboden liegen im ähnlichen Bereich wie die bei einer Untersuchung im Juni 1979 in eben demselben Artemisietum festgestellten von $4 - 73 \times 10^3$ Ind m^{-2} (Acari) und $8 - 70 \times 10^3$ Ind m^{-2} (Collembola; BROCKMANN et al. 1979).

Die folgende Tabelle 6 gibt eine Übersicht über weitere Abundanzdaten aus der Literatur. Die in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Werte liegen im mittleren bis hohen Bereich dieser Zusammenstellung. Da dies bei allen Bremer Flächen der Fall ist, liegt weniger die Vermutung nahe, daß die "Bremer Abundanzen" sehr hoch sind, als daß die benutzte Extraktionsmethode hocheffizient ist.

Tabelle 6.

Zusammenstellung von Abundanzdaten für Collembola, Acari, Gamasina, Oribatei; Angaben in Tsd. m⁻².

Biotop/Autor	M	Coll.	Acari	Mesost.	Orib.
Molinia Fen/ MACFADYEN 1952	F	25	132.1	7.4	120.7
Brachl.Weide/ HAARLÖV 1960	F	109	179		
Brachl.Feld/ ENGELMANN 1961		41.9	138.8	12.4	87.6
Sand/ HÜTHER 1961	T	42.3	49.8		
andere Böden/ HÜTHER 1961	T	9.1-13.9	16.5-97.5		
Brachweide/ DHILLON & GIBSON 1962	T	10-50	8-52	12	
Rek.Fläche	F	7.1	11.9	4.8	5.5
Brachweide/ DAVIS 1963	F	11.1	14.1	2.9	6.7
Moor/ WOOD 1967	T		181.0	12.7	82.6
Wiese/ McE.KEVAN 1968		120	40		
Grasland/ CURRY 1969	M		106.1	28.2	42.1
Tundra/ DOUCE 1973	M	92.3	28.4		
Rek.Abraumhalden/ HUTSON 1974*	F	2.9-53.6	26.7-58.8	0.4-0.7	0.2-0.3
trock.Moor/ WHELAN 1978	T		14.7	5.8	2.4
gepflügtes Land/ HUHTA et al.1978	M	14-23.1	20.7-74.6	1.3-4	3.3-38.4
Garten Grünland/ HUHTA et al.1978	M	39-48	25.3-39.1	4.0-9.2	12.9-18.3
Grasland/ BOLGER & CURRY 1980	M	28.3	21.6		
Weinbergsböden/ SCHMELCHER 1983	T	6.7-23.5	30.8-46.6	4.0	15.6
Brachland,Bremen/ BERENDT & BOLTE 1984	M	200	60		
Bauschuttdeponie,Bremen/ BERENDT & BOLTE 1984	M	130	70		
eigene Untersuchungen, Bremer Umland					
Brachland	M	79.1	189.1	9.5	115.1
Wiese	M	38.7	146.4	4.2	90.6
Weide	M	13.7	40.6	3.3	21.2
Deponie	M	41.7	59.6	6.5	5.1

*Zitiert nach LUFF & HUTSON 1977.

M=Methode, Extraktionsgerät Typ: T=TULLGREN-BERLESE Trichter; M= MACFADYEN-canister; F=Flotation.

Collembolen scheinen in der Regel in Graslandböden in geringeren Abundanzen aufzutreten als die Milben (HAARLÖV 1960). Auch die in den von BERENDT et al. (l.c.) und in der vorliegenden Arbeit gefundenen Milben-Collembolen-Relationen der Brachlandböden (inkl. Deponie) sind durchwegs niedriger als die des Wiesen- und Weidebodens. Der hohe Anteil der Collembola an den Bodenlebensgemeinschaften der gestörten Flächen kann nicht auf die Bodenverhältnisse der Standorte zurückgeführt werden. Trocknis kann von den Collembolen weniger toleriert werden als von den Milben (ASHRAF 1971, FRENZEL 1936, KACZMAREK 1973, LORING 1981). Zwar ist die sandige Deponie-Fläche deutlich trocken, die Brachlandfläche jedoch nicht. Die Ursache der niedrigen Acari-Collembola-Relation der beiden Flächen scheint vielmehr in einer hohen Reproduktionskapazität (r-Strategie) der Collembolen zu liegen, die die nach einer Störung frei werdenden Nahrungsressourcen zu nutzen verstehen; so wurden von KARG (1978) nach Aussetzen von Insektizid-Behandlungen Übervermehrungen von Collembolen gefunden, wie auch von BAWEJA (1936) und VANNIER (1980) bei der Wiederbesiedlung hitzesterilisierter Böden. Es ist vorstellbar, daß die Collembolen mit den nicht-räuberischen Milben in Nahrungskonkurrenz treten. Das rasche Wachstum der Collembolen-Synusie würde dann die Entwicklung der Acari-Synusie verlangsamen. Dies träfe auch für den denkbaren Fall von Raumkonkurrenz zu (FRENZEL 1936).

Zusätzlich zu der starken Besiedlung der obersten Bodenschicht besitzt beim Brachland auch der zweite "Horizont" einen hohen Besatz. Das hat seine Ursache in der erst ein Jahr zurückliegenden Überschichtung der Fläche mit Grabenaushub. Die durch diese Störung eingeleitete sekundäre Sukzession wird durch den hohen Anteil der Collembolen an der Mesofauna dieser Fläche, durch einen vergleichsweise hohen Insektenlarvenbesatz und durch die hohe Artenzahl der Gamasina dokumentiert (vgl. DUNGER 1968). Der Sachverhalt der sekundären Sukzession trifft auch für die Deponie zu.

Besonders in Habitaten mit extremen Umweltbedingungen werden hohe Dominanzen von Enchytraeen, Collembolen und Dipteren-Larven gefunden (DUNGER l.c.). Die höheren ökologischen Toleranzen dieser Gruppen beruhen nicht notwendigerweise auf ihrer höheren Widerstandsfähigkeit, sondern auch auf der Fähigkeit, durch ein hohes Reproduktionspotential die Populationen nach Umweltkatastrophen wieder zu etablieren.

Durch Kultivierungsmaßnahmen gestörte Böden besaßen bei den Untersuchungen von EDWARDS & LOFTY (1975) geringere Abundanzen an Bodenarthropoden als die Kontrolle, doch fanden sie Zunahmen von großen Raubmilben und Dipteren-Larven.

Der auf der Brachlandfläche gefundene Wert für Oribatei von $115 \times 10^3 \text{ Ind m}^{-2}$ wird in der zitierten Zusammenstellung von PETERSEN (l.c.) nur in Tundra-Biotopen erreicht bzw. wenig übertroffen. Gemessen am geringen Anteil der Oribatiden an der Milbenfauna ähnelt die Deponie wiederum einem Wüsten- oder extremen Tundrabiotop: "It is tempting to see the similarity between the soil fauna, size, and composition of the extreme arctic habitats and the initial successional stages in soil development of reforested brown coal mine dump in East Germany. (DUNGER 1968)" (PETERSEN 1982).

Beobachtungen von KARG (1962) zeigten, daß die Umwandlung eines Ackers in ein Grünland erst nach vier Jahren nennenswerte Vermehrungen der Oribatei zur Folge hatte. Es scheint also neben der langsamen Verbreitung auch die Qualität der Lebensbedingungen (besonders die Existenz einer Streuauflage, BARING 1956, KARG 1967) ein für die Populationsentwicklung entscheidender Faktor zu sein. Die meisten Cryptostigmata bevorzugen bzw. benötigen stärker zersetztes Substrat, das am Anfang einer Sukzession erst in zu geringem Maße vorhanden ist.

Mit dem Brachland vergleichbare Gamasina-Abundanzen von $10 \times 10^3 \text{ Ind m}^{-2}$ fanden PERSSON & LOHM (1977) in einer schwedischen Wiese. In der Zusammenstellung von PETERSEN (1982) liegen diese Werte im hohen Bereich der zusammengefaßten Untersuchungen. Tundra-Biotope besitzen niedrige Gamasina-Abundanzen von ca. 800 - 5000 Ind m^{-2} und ähneln in dieser Hinsicht der Wiese, Weide und Deponie. Im Vergleich zu den von KARG (1983) angeführten Abundanzen von $38 \times 10^3 \text{ Ind m}^{-2}$ bis $370 \times 10^3 \text{ Ind m}^{-2}$ aus landwirtschaftlich genutzten Böden sind die hier dargestellten Werte sehr niedrig. Die hohen Werte von KARG sind jedoch durch Multiplikation mit dem Faktor 5 korrigierte Abundanzwerte.

Die unterschiedlichen Besiedlungsdichten müssen auf den Einfluß eines vielfältigen Faktorengefüges zurückgeführt werden. Besonders mit dem Einfluß der Vegetation auf das Edaphon beschäftigen sich zahlreiche Arbeiten, die zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen. So fanden z.B. SCHIMITSCHEK (1938), MACFADYEN (1952), FRANZ (1963), SCHALK (1968), CURRY & GANLEY (1977), CURRY (1978), BOLTE (1982,1984),

BERENDT & BOLTE (1984) keine eindeutigen Beziehungen zwischen Pflanzengemeinschaften und der qualitativen Zusammensetzung der Synusien der Bodenmesofauna. Mit dem Faktor "Pflanzenbestand" konnte jedoch in einigen Fällen eine verteilungsregulierende Funktion verbunden werden. Eindeutige Zusammenhänge von Pflanzenassoziationen mit der Zusammensetzung der edaphischen Synusien stellten STRENZKE (1952), LUTZ & TRAITTEUR (1965), BLACKITH (1974), ALENIKOVA & UTROBINA (1975) und DUNGER (1975) fest. Die epedaphischen Synusien sind von der Vegetation am stärksten beeinflusst. Es ist auffallend, daß die Assoziationen von Bodentieren und Pflanzen zumeist bei verarmten Böden oder Moor-Biotopen festgestellt wurden.

Der Humusmenge und Humusform sowie der Luftkapazität des Bodens wurden von SCHIMITSCHEK (1938) und FRANZ (1963) eine stärkere Wirkung auf das Edaphon zugeschrieben als der pflanzlichen Artenstruktur. In einer eingehenden Untersuchung des Einflusses von *Solidago canadensis* auf die Collembolensynusie fand BOLTE (1982, 1984) keine Hinweise auf Beziehungen zwischen Humusgehalt, Bodenfeuchte und Porenvolumen einerseits und Zusammensetzung der epigäischen Milben- und Collembolenfauna andererseits. Ebenfalls keinen Einfluß von Humusgehalt und Bodenfeuchte fand KOEHLER (1983), der die durch experimentell erhöhte Luftfeuchte herbeigeführte Abundanzerhöhung besonders der Collembolen zu einem großen Teil dem veränderten Nahrungsangebot zuschreibt. Dem Nahrungsangebot wird auch von VANNIER (1980) eine große Bedeutung als Regulativ zugemessen.

Viele Autoren diskutieren die Bedeutung der Porenverteilung und der Nahrung für die Zusammensetzung der Synusien, wobei das schwer bestimmbare Verhältnis von luft- zu wassergefüllten Poren eine wichtige Rolle spielen dürfte (SCHIMITSCHEK 1938, HAARLÖV 1960). Sowohl die Bodenart (CURRY 1978) als auch die Vegetation könnte über diesen Faktorenkomplex wirksam werden.

Der auffallend geringe Wassergehalt der oberen Bodenschicht der Weide ist sicherlich eine der Ursachen ihrer geringen Besiedlung. Für die Lebensgemeinschaft des Deponiebodens ist dieser Faktor aber nicht so wirksam.

Die aggregierte Verteilung der Bodentiere und insbesondere der Mesostigmata wird nach USHER (1976) im wesentlichen durch Umweltfaktoren bedingt. Aggregation ermöglicht den Arten den Aufbau hoher Populationsdichten.

4.3 Vergleichende Diskussion der Gamasina-Synusien

Die gefundenen Artenzahlen der Flächen folgen dem ersten biozönotischen Grundprinzip von THIENEMANN 1920 : "Je variabler die Lebensbedingungen einer Lebensstätte, um so größer die Artenzahl der zugehörigen Lebensgemeinschaft" (SCHWERDTFEGER 1975). Durch die Übersichtung sind die Lebensbedingungen auf der Brachfläche sehr vielfältig und unterliegen, wie auf der Deponie, innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne starken Veränderungen. Zu der strukturellen Habitatdiversität tritt auf diesen Flächen noch die verhältnismäßig hohe Fluktuation zahlreicher Faktoren, die durch das relativ frühe Sukzessionsstadium bedingt ist. Aus diesen Gründen finden sich auf diesen beiden Flächen (Brachland und Deponie) die höchsten Artenzahlen der Erhebung.

Von den 38 insgesamt gefundenen Gamasinen-Arten wurden 8 ausschließlich auf der Deponie gefunden, das sind 44% der Gamasinen-synusie dieses Standorts. Die Wahrscheinlichkeit, daß sie mit dem Abdeckmaterial eingeschleppt worden sind, ist gering, da es sich hierbei meist um Tiefenaushub handelt. Über die Verbreitungsmechanismen besonders der euedaphischen Bodentiere ist wenig bekannt, so daß aufgrund mangelnder Vergleichsdaten aus dem Bremer Umland weitere Erörterungen ihrer Herkunft unterbleiben müssen.

Nicht der Inselstatus (STRÜVE-KRUSENBERG 1981, WEIGMANN 1982), sondern die Gegebenheiten des Biotops prägen die Lebensgemeinschaften der Deponie.

DHILLON & GIBSON (1962) berichten ebenfalls von großen Unähnlichkeiten der Collembolen- und Acari-Synusien verschiedener landwirtschaftlich genutzter Grünländereien Englands. Geringe Unterschiede des Milben-Artenspektrums von Böden verschiedener Flächen fand BLOCK (1966). In der folgenden Tabelle 7 werden einige Artenspektren denen der vorliegenden Untersuchung gegenübergestellt.

Die Konstanz der gefundenen Gamasina-Arten ist im allgemeinen sehr niedrig. Drei der vier eukonstanten Arten (Arten die in mehr als der Hälfte aller Proben gefunden wurden) gehören nach den vorliegenden Befunden zu den Rhodacaridae. SCHMELCHER (1983) fand bei ihrer Untersuchung der Weinbergsböden lediglich zwei eukonstante Arten, die ebenfalls zu den Rhodacaridae gehörten. Die niedrigen Konstanzwerte von SCHMELCHER (l.c.) entsprechen den Resultaten der vorliegenden Arbeit.

Tabelle 7.

Vorkommen der nachgewiesenen Gamasina-Arten oder Gattungen in Grasland-Böden verschiedener Herkunft.

Herkunft (s. unten)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Alliphis sculus</i>	•	•				•	•	•	•	•	•		•	•
<i>Macrocheles</i>				•		•	•	•		•	•			
<i>Pachylaelaps spec.</i>													•	
<i>Hypoaspis</i>	•	•	•				•			•	•	•	•	•
<i>Amblyseius obtusus</i>	•											•		
<i>Ameroseius corbiculus</i>				•			•				•			
<i>Arctoseius cetratus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•
<i>Leiioseius bicolor</i>												•		
<i>Leitneria pugio</i>														•
<i>Zercon</i>						•					•	•		
<i>Rhod. silesiacus</i>	•	•	•	•	•		•		•		•	•		•
<i>Rhodacarus coronatus</i>				•	•						•	•		•
<i>Rhodacarus ancorae</i>														•
<i>Protogamasellus dispar</i>														•
<i>Dendros. reticulatus</i>											•			
<i>Dendrol. foveolatus</i>				•	•			•	•				•	
<i>Dendrol. strenzkei</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	
<i>Dendrol. angulosus</i>											•			
<i>Dendrol. rotundus</i>														•
<i>Pergamasus suecicus</i>	•		•	•	•									•
<i>Pergamasus crassipes</i>	•		•							•	•		•	•
<i>Perg. septentrionalis</i>	•										•		•	•
<i>Pergamasus misellus</i>	•	•									•			
<i>Pergamasus nasellus</i>											•			
<i>Pergamasus celticus</i>											•			
<i>Pergamasus runciger</i>													•	
<i>Perg. runcatellus</i>	•	•									•	•	•	•
<i>Perg. vagabundus</i>									•		•	•	•	
<i>Pergamasus conus</i>			•								•			
<i>Parasitus berlesei</i>												•		
<i>Parasitus</i>				•	•	•	•	•	•	•				•
<i>Veigaia planicola</i>			•											•
<i>Veigaia exigua</i>	•		•		•						•			
<i>Veigaia nemorensis</i>	•			•	•	•		•	•					

1: Wiese; 2: Acker; 3: Weinberg; 4: Tillage; 5: Grasland; 6: unkompostierte Mischung von Klärschlamm und Rinde; 7: aktivierter Klärschlamm u. Rinde; 8: Klärschlamm; 9: zerstampfte Rinde; 10: kompostierte Mischung von Klärschlamm und Rinde; 11: Brachland; 12: Wiese; 13: Weide; 14: Deponie.

1-2: KARG 1961, 1967; 3 SCHMELCHER 1983; 4-10 HUHTA et al. 1979; 11-14 vorliegende Untersuchung.

(Ökologische Angaben finden sich in Anhang C.)

Der inhomogene, fragmenthafte Charakter der Synusien wird durch die Konstanzkurven (Abb.5) belegt, die denen ähneln, die von SCHALK (1968) in Kulturbiotopen gefunden wurden. Der die Synusie der Weide repräsentierende Kurvenverlauf ist am weitesten reduziert. Dies würde nach SCHALK (1968) auf eine große Homogenität des Gesamtfaktorenkomplexes hinweisen. Als beweidete Fläche und auf Grund der homogenen Anmoorauflage ist die augenscheinliche Habitatdiversität geringer als die der anderen Flächen. Dies unterstützt die Hypothese SCHALKS. J-förmige Konstanzverteilungen wurden von WEIGMANN (1963) bei den Collem-bolen- und Oribatidenlebensgemeinschaften im Grenzbereich Land-Meer festgestellt.

Die Diversitätsindices (H) der vier Flächen ähneln den Werten von SCHMELCHER (1983), die in Weinbergen Diversitäten von 1.6 bis 2.1 fand. Der höchste Wert stammt von einer unbegrünten, gegrubberten Rebasse (Parabraunerde), also einer stark gestörten Fläche. Trotz aller notwendigen Einschränkungen der Vergleichbarkeit von Diversitätsindices fällt die Parallelität zu den hohen H-Werten der gestörten Flächen der vorliegenden Erhebung auf. Hohe Diversitätsindices werden in frühen und mittleren Sukzessionsphasen und bei damit z.T. im Zusammenhang stehender hoher Habitatdiversität gefunden (ANDERSON & HALL 1980, BAZZAZ 1975).

Die informationelle Komplexität der Gamasina-Synusien der tieferen Bodenschichten zeigt im wesentlichen keine anderen Tendenz als die der oberen. Demgegenüber fand DUNGER (1978) die epedaphischen Synusien von der Phytozönose geprägt und relativ unabhängige, "konservative" euedaphische.

Einige der dargestellten Befunde passen in das differentialdiagnostische Raster von KARG (1982), andere wiederum weniger. So wird z.B. die Gattung *Dendrolaelaps* als Bewohner mäßig feuchter, humoser Sandböden beschrieben, die bei der vorliegenden Untersuchung aber in der anmoorigen, vergleyten Wiese als Charaktergattung (im Sinne von FRENZEL 1939) auftritt. KARG (l.c.) schränkt die Indikatoreignung der Gattung jedoch ein, da ein Teil der Arten auch in organisch reichen Böden im Rottestadium mit Fäulnisprozessen auftritt. Doch auch das könnte für

die Weide nur entfernt zutreffen. Für den Brachlandboden stimmt die Diagnose, daß das Auftreten von *D. angulosus* vermoderndes Substrat anzeigt (KARG 1968). Diese Habitatbeschreibung entspricht den vorliegenden Befunden, da auf Grund der Übersichtung der Fläche mit Grabenaushub derartige Verhältnisse vorherrschen.

A. cetratus wird von KARG (1968) als Bewohner stark verwesender Substrate beschrieben. Die Art ist nach HUHTA et al. (1979) und nach eigenen Untersuchungen häufig auf Flächen früher bis mittlerer Sukzessionsstadien zu finden. HUHTA et al. (l.c.) fand in seinen Versuchen die höchsten Abundanzen von *A. cetratus* im zersetzten Klärschlamm, was der KARGschen Einschätzung entspricht. Das nächsthöhere Vorkommen wurde von HUHTA in einer unkompostierten Mischung von zersetztem Klärschlamm mit Rinde gefunden. Das hochdominante Auftreten dieser Art im stark anmoorigen Weideboden besitzt Ähnlichkeit mit diesen Befunden. Neben dem Zersetzungsgrad des Substrates fördert offensichtlich auch ein hoher Gehalt an unzersetzter organischer Substanz die Besiedlung durch *A. cetratus*. Ein nicht unbeträchtlicher Konkurrenzvorteil kann der Art aus einer offensichtlich vorhandenen Toleranz gegenüber Feuchteschwankungen erwachsen; denn die torfige Anmoorauflage der Weide unterliegt, wie in 3.1 dargestellt, starken Wassergehaltsschwankungen. Für eine hohe Feuchtetoleranz, aber auch für die von KARG (1968) beschriebene Vorliebe für verwesendes Substrat, sprechen die Funde LUXTONS (1967) im Festucetum des Vordeichlandes. Die Entfernung der schützenden Streuschicht eines Waldbodens führte bei KARGs (1967) Versuchen wiederum zum völligen Zusammenbruch der *A. cetratus*-Population. Andererseits tritt sie als eudominante Art im Ackerboden auf (KARG 1967), was auf eine hohe Toleranz besonders gegenüber Feuchteschwankungen hinweist. Vergleichbare "harte" Witterungsbedingungen sind auch für die Anfangsphasen von Sukzessionen typisch.

Die geringe Siedlungsdichte im Deponieboden könnte auf Konkurrenz mit *R. silvesiacus* zurückzuführen sein, von der *A. cetratus* im Laufe der ersten Sukzessionsjahre verdrängt wird (s. 3. Teil der Arbeit). Ähnliche komplementäre Abundanzverhältnisse von *A. cetratus* und *R. silvesiacus* fand WHELAN (1978) in den Böden einer Weide und eines entwässerten Moores (2 bzw. 4 Jahre alt) in Irland. In den Moorböden dominierten *A. cetratus* und in der obersten Bodenschicht *A. halleri* (*siculus*). Diese Synusie

entspricht der auf der anmoorigen Bremer Weide gefunden (Tab.4; Anhang A). *R.silesiacus* ist, wie auf der Bremer Weide, nicht vertreten. Dagegen ist diese Art in der Weide aus WHELANs Untersuchung dominant, *A.cetratus* hingegen tritt nur vereinzelt auf. Diese Befunde legen den Schluß nahe, daß torfige Habitate von *A.cetratus* und *A.siculus* geprägt, von *R.silesiacus* jedoch gemieden werden. Da *A.cetratus* in den anmoorigen Böden einen sonst mit *R.silesiacus* überlappenden Lebensraum tieferer Bodenschichten besiedelt, bei gleichzeitigem Auftreten mit *R.silesiacus* jedoch in stark reduzierter Abundanz nur in den oberen Bodenschichten gefunden wird, scheint Konkurrenz vorzuliegen. Außer Raumkonkurrenz kommt bei den beiden Arten besonders Nahrungskonkurrenz in Frage (Nematoden- und Collembolenfresser). Von KARG (1967) wurde *A.cetratus* zusammen mit *A.siculus* im Ackerboden gefunden.

Die Düngungsversuche von BOLGER & CURRY (1980) haben eine Erhöhung der *A.cetratus*-Abundanzen zur Folge bei gleichzeitigem starken Rückgang von *R.silesiacus*. Auch diese Befunde deuten auf überlappende Nischenbereiche hin.

Das völlige Fehlen von *R.silesiacus* auf der Weide kann weiterhin mit den besonderen Bodenverhältnisse der Fläche in Zusammenhang gebracht werden; denn diese Art reagiert sehr sensibel auf Staunässe (FRENZEL 1936). Auch Einflüsse der Zusammensetzung der Bodenluft können eine Rolle spielen (MOURSI 1962).

A.cetratus tritt im Weideboden zusammen mit *D.strenzkei* auf. Die beiden Arten wurden von KARG (1968) in dieselbe ökologische Gruppe gestellt. HUHTA et al. (l.c.) fand *A.cetratus* in einem frühen bis mittleren, *D.strenzkei* in einem mittleren bis späten Sukzessionsstadium.

Aus der Diskussion kann man ableiten, daß das Auftreten von *R.silesiacus* und *A.cetratus* im gemeinsamen Lebensraum einmal von der größeren Toleranz gegenüber Feuchteschwankungen von *A.cetratus* bestimmt wird, zum andern von einer höheren Konkurrenzstärke von *R.silesiacus* bei trockneren bzw. ausgeglichenen Feuchteverhältnissen. Die Konkurrenzstärke von *A.cetratus* wird durch hohen organischen Gehalt des Substrates gefördert.

R.coronatus wurde von HUHTA et al. (l.c.) in den von ihm untersuchten 14 Böden unterschiedlicher Zusammensetzung lediglich im Boden eines Gartenrasens und dem einer weiteren Fläche als Dominante gefunden. Dieses Vorkommen entspricht dem dominanten Auftreten in dem in dieser Arbeit untersuchten Wiesenboden, steht jedoch nicht im Einklang mit KARG (1971), der die Art als spärlich vertreten im Wiesenboden beschreibt.

Die dominante Charakterart *P. dispar* der Deponie wurde von KARG (1967) als *P. primitivus* (?) zusammen mit *A. siculus* und *A. cetratus* auf einem Acker bei Magdeburg gefunden. Diese Artenkombination wurde auch auf der Deponie festgestellt und unterstreicht den ackerähnlichen Charakter der Fläche.

Die einzige Art, die auf allen vier Flächen vorkommt, ist *P. runcatellus*. Sie besitzt laut KARG (1971) eine große Toleranz gegenüber Feuchteschwankungen und überdauerte als eine von wenigen Arten die ungünstigen Witterungsbedingungen im Freilandexperiment von KARG (1967). Die von ihm durchgeführte Entfernung der Streu hatte weiterhin zur Folge, daß u.a. der Art *V. planicola* die Lebensbedingungen entzogen wurden. Diese Art toleriert jedoch die "harten" Witterungsbedingungen der Deponie, was ihr Auftreten als subdominantes Charaktertier belegt. *V. planicola* wurde in Äckern und in kultivierten Böden gefunden (SCHMELCHER 1983).

Die Zusammensetzung der Gamasinensynusien wird nicht nur von den unterschiedlichen pedologischen und phytozönotischen Gegebenheiten beeinflusst, sondern auch vom Nahrungsangebot. Die abiotischen Faktoren wirken auf die Mesofauna in großem Maße indirekt über die Nahrung der Tiere (USHER 1976, KOEHLER 1983). Auf einen relativ hohen Nematodenbesatz deutet das vergleichsweise starke Vorkommen der auf diese Beute spezialisierten Art *A. siculus* (KARG 1971) und der ebenfalls streng nematophagen Gattung *Dendrolaelaps* im Boden der Weide.

Das Nahrungsspektrum der auf Brachland und Wiese vorkommenden Arten besteht zusätzlich auch aus Collembolen: die hier häufiger gefundenen Vertreter der Gattungen *Hypoaspis* und *Rhodacarus* und die Art *D. reticulatus* vertilgen neben Nematoden auch Collembolen (KARG 1971, 1983). Dieser Ernährungstyp scheint auf der Deponie ebenfalls vorzuherrschen.

Das Zusammenspiel der einzelnen Faktorenkomplexe führt noch zu Verwirrung bei der ökologischen Einordnung einer Art. Weitere Untersuchungen, die zusätzliche Informationen über die Wirkung einzelner Faktoren in immer wieder anderen Beziehungsgefügen liefern, werden jedoch diese scheinbaren Ungereimtheiten beseitigen helfen.

4.4 Diskussion der Vertikalverteilung

Die Besiedlung der einzelnen "Horizonte" nimmt für alle Gruppen bei den gestörten Flächen (Brachland, Deponie) mit zunehmender Tiefe weniger rasch ab als bei der Wiese und der Weide (Ausnahme: Oribatei der Deponie). Bei der Brachfläche ist der Grund in der zum Zeitpunkt der Probenahme erst ein Jahr zurückliegenden Überschichtung der Vegetation zu suchen, die von Teilen der ursprünglichen Populationen sicherlich überlebt wurde und wodurch das Porenvolumen der Schicht 4-8 cm ungefähr dem der damaligen Tiefe von 0-4 cm entspricht. Bei der Deponie kann der sandige, trockene Charakter der Probefläche die relativ starke Besiedlung der unteren Schichten bedingen. Dies steht im Widerspruch zu der Annahme, daß die tiefen Schichten tonreicher Böden stärker besiedelt wären als die von sandigen Böden (SCHALK 1968, NAGLITZSCH 1961, MÜLLER 1955, beide in SCHALK).

Aus den von PETERSEN (1982) zusammengetragenen Ergebnissen des IBP geht hervor, daß trockene Grünländereien von der Mesofauna bis in größere Tiefen besiedelt werden als feuchte. Damit stehen diese Biotope in einer Reihe mit Ackerböden, die eine maximale Besiedlung in größerer Tiefe aufweisen. Die gewachsenen Böden zeigen, wie auch aus den Korngrößenverteilungen und den Rohdichten deutlich wird, ein nach unten stark abnehmendes Porenvolumen, wodurch der Lebensraum der Tiere eingeschränkt und die Vertikalverteilung bedingt wird (KLIMA 1956). Bei den gestörten Böden liegt auch eine durch Überschichtung oder Schüttung hervorgerufene relativ gleichmäßige Verteilung der Nahrung vor, wodurch die weiter in die Tiefe reichende Besiedlung unterstützt werden könnte (MÄRKEL 1964).

Die sich sehr ähnelnden Tiefenverteilungen der Collembolen in den Böden von Wiese und Deponie könnten auf vergleichbare Verteilungen des Porenvolumens zurückzuführen sein. Wie Tabelle 1 zeigt, ist dies jedoch nicht der Fall; andere Faktoren, wie Feuchtigkeit und Nahrung, müssen als weitere Parameter die Verteilung bedingen (HAARLÖV 1955, HARTNIGK-KÜMMEL 1982). Eine kontinuierliche Abnahme von Wassergehalt und Bodentemperatur mit zunehmender Tiefe ist auf allen vier Flächen nachzuweisen und scheidet damit als differenzierender, die Verteilung prägender Faktor aus. Das Zusammentreffen unterschiedlicher Faktorenkomplexe wird auch dadurch deutlich, daß sich die Vertikalverteilungen der Collembola und Acari in den Böden der jeweiligen Flächen im Gegen-

satz zu HAARLÖVs (l.c.) Befunden nicht gleichsinnig verhalten. Als weitere Ursachen für die Vertikalverteilung kann das Verhältnis der verfügbaren Poren zur Größe der Individuen der Arten, das Nahrungsangebot und die CO_2 -Resistenz angenommen werden (DHILLON & GIBSON 1962, MOURSI 1962).

Die Deponie weist als Fläche mit geringer Streuauflage und spärlichem Unterwuchs ein vergleichsweise "hartes" Mikroklima auf (SCHRIEFER 1984), wodurch ebenfalls eine verstärkte Besiedlung der Tiefen durch Abwanderung hervorgerufen werden kann, soweit es das Porenvolumen erlaubt. Verdichtung und ungünstige Substrateigenschaften (geringer Humusgehalt, geringer Zersetzungsgrad) halten die Oribatei von einer Besiedlung tieferer Schichten ab, so daß sie zu über 90% in den oberen vier Zentimetern zu finden sind.

Auf der Weide dürften das geringe Porenvolumen und die periodische, besonders in den beiden unteren Bodenschichten länger anhaltende Staunässe die Besiedlung durch Hornmilben auf den oberen Horizont beschränken, wo sich 95% der Synusie finden. Die möglichen trockenen Perioden der oberen Bodenschichten können Oribatiden relativ gut tolerieren, die z.T. über eine wasserdichte, von Wachs überzogene Kutikula verfügen und physiologische Anpassungen an unterschiedliche terrestrische Habitate entwickeln konnten (HAARLÖV 1960, MADGE 1964).

Die hohe Besiedlung der tieferen Schichten der Brachfläche und der Deponie durch die Gamasina läßt ähnliche die Verteilung steuernde Faktorenkomplexe vermuten; doch kommt wohl auf der Brachfläche der Überschichtung ein stärkerer Einfluß zu und auf der Deponie den mikroklimatischen Faktoren. Dies wird durch die hohe allgemeine Besiedlungsdichte des ersten Horizontes auf der Brachfläche und durch die Verteilung von *D.reticulatus* belegt. Die Bedeutung des Mikroklimas wird durch eine Tatsache deutlich, die nur auf der Deponie gefunden wurde: keine Art (Ausnahme: *Parasitidae*), die mehrere Bodenschichten besiedelt, hat auf der Deponie ihr Maximum im ersten "Horizont".

Für *R.coronatus* jedoch scheint der Sukzessionsstatus der beiden Flächen von ausschlaggebender Bedeutung für die Vertikalverteilung zu sein: auf der Wiese besiedelt diese Art hauptsächlich den oberen "Horizont", auf der Brachfläche und der Deponie aber den zweiten (Abb.7).

Die Überschichtung könnte auf der Brachfläche die hohe relative Dichte von *R. coronatus* im zweiten "Horizont" verursacht haben, wenn man annimmt, daß sie ursprünglich hauptsächlich in der oberen Schicht lebte wie auf der benachbarten Wiese. Doch diese Argumentation ist für die Deponie nicht anwendbar, da der Boden der Abdeckschicht neu geschüttet wurde. Die mikroklimatischen Verhältnisse sind auch nicht vergleichbar, da die Vegetation der Brachfläche wesentlich dichter und ihr Boden humusreicher ist als auf der Deponie. Die gleiche Verteilung der Tiere im Boden kann somit nur mit der sekundären Sukzession und den damit verknüpften Ressourcenverteilungen zusammenhängen.

Es deutet sich die Möglichkeit der Einteilung der Gamasina in Strukturklassen und Lebensformen an, wie sie KLIMA (1956) für die Oribatei der Umgebung Wiens durchgeführt hat. Das vorliegende Material ist dazu doch zu wenig umfangreich. Für die Gamasina erfolgte durch KARG (1961) eine Klassifizierung nach Größe, Mobilität (Beinlänge), Behaarung und Färbung (Sklerotisierung), die im wesentlichen mit dem vorliegenden Material bestätigt werden konnte. So sind die adulten *P. septentrionalis*, *P. crassipes* und *P. runcatellus* langbeinige, stark sklerotisierte Oberflächenformen, wobei die Stärke der Ausprägung der aufgeführten Eigenschaften gemäß der Reihenfolge der drei Arten abnimmt. Die kurzbeinige, schlanke (nach eigenen Messungen 130 µm maximale Körperbreite), wenig sklerotisierte Art *R. sillesiacus* ist durch eine in der Mitte des Körpers quer verlaufende Furche in der Lage, sich durch winklige Poren zu winden (KARG 1961). In Anlehnung an KLIMAs (l.c.) Einteilung würde die Art in die Klasse der schmalen Bodentiere gehören (unterste Klasse = 120 µm).

Das Auftreten der Arten in den Böden der Flächen ist multifaktoriell beeinflusst. Die Auflösung des Faktorenkomplexes in Quantitäten der Einzelelemente ist nicht ohne weiteres möglich (STRENZKE 1952). Die einzelnen Faktoren, ihre Relationen zueinander, die Empfindlichkeit der Organismen gegenüber den jeweiligen Faktorenkomplexen und eventuelle synergistische Effekte sind zeitlichen Veränderungen unterworfen. Dadurch werden klare Zuordnungen und das Auffinden von Kausalitäten erschwert. Dennoch sind die Gamasinen-Synusien der vier unterschiedlichen Flächen, wie sie auf der Basis der einmaligen Probenahme beschrieben werden konnten, deutlich unterschieden, und Faktoren, wie Boden- und Feuchtigkeitsverhältnisse, Nahrungsangebot und Sukzessionszustand (Geschichte der Fläche), zeichnen sich als formende Einflußgrößen ab.

5. Zusammenfassung:

Die edaphische Mesofauna von vier Flächen des Bremer Umlandes (Brachland, Wiese, Weide, Bauschuttdeponie) wurde auf der Basis einer Probenahme vom 26.11.1979 vergleichend beschrieben. Die Gamasina wurden bis zur Art bestimmt. Es wurden 38 Arten nachgewiesen. Die sonstigen Acari, Collembola und die übrigen mit der MACFADYEN-Extraktion gewonnenen Bodentiere wurden nur bis zur Gruppenebene determiniert. Auf der Basis der Abundanzdaten und der Strukturen der Gamasina-Synusien lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den Flächen feststellen und die Lebensgemeinschaften charakterisieren. Die Verteilung der Synusien und Populationen wird von folgenden Faktorenkomplexen bestimmt wird:

1. Lebensraum: Porenvolumen, Bodenfeuchtigkeit.
2. Nahrungsangebot und Verteilung der Nahrung.
3. Physikalische Faktoren: Mikroklima.
4. Geschichte der Flächen: Sukzessionszustand.

Diese Faktoren können unterschiedlich stark auf die Organismen wirken, in Abhängigkeit von der jeweiligen Potenz bzw. Toleranz der betroffenen Art. Das Zusammenspiel der Faktoren beeinflusst die Populationen jedoch sicherlich anders als die Summe der Einzelfaktoren. Daher können gleiche Phänomene unterschiedliche Ursachen haben.

Durch die vergleichende Untersuchung konnten die Ansprüche einzelner Arten diskutiert werden.

Die Synusie des Brachlandbodens ist durch *R.silesiacus*, *R.coronatus* und *D.reticulatus*, die des Wiesenbodens durch *R.coronatus*, die des Weidebodens durch *A.cetratus* und *D.foveolatus* und die der Deponie durch *R.silesiacus* und *P.dispar* geprägt.

Die Artenidentität der Synusie der Deponie mit der der zusammengefaßten Umlandflächen beträgt 41 % (SÖRENSEN-Index). Die Lebensgemeinschaft der Gamasinen des Deponiebodens weist somit eine große Zahl von Arten auf, die nicht dem mit dieser Untersuchung erfaßten Artenpool der unmittelbaren Umgebung zugerechnet werden können.

6. Literatur

- ANDERSEN, R.V., COLEMAN, D.C., & TROFYMOW, J.A., 1984. Soil mesofaunal distribution in relation to habitat type in a shortgrass prairie. *Pedobiologia*, 26, 257-261.
- ANDERSON, J.M., & HALL, H., 1977. Cryptostigmata species diversity and soil habitat structure . In: LOHM,U., & PERS-SON,T.,(Hg.), Soil org. as comp. of ecos., Proc. 6th int. Coll. Soil Zool., Zool.Ecol.Bull.(Stockholm),25, 473-475.
- ALENIKOVA, M.M. & N.M. UTROBINA, 1975. Changes in the structure of animal populations in soil under the influence of farm crops. In: VANEK, J. (ed), Progress in soil zoology. Proc. 5th Int. Coll. Soil Zoology,Prague,429-436.
- ARITAJAT, U., MADGE,D.S. & P.T.GOODERHAM, 1977. The effects of compaction of agricultural soils on soil fauna. *Pedobiologia* 17, 262 - 291.
- ASHRAF, M., 1971. Influence of environmental factors on Collembola. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 8, 243-252.
- BÄTHJER, D. & H.-J. HEINEMANN, 1980. Eineinhalb Jahrhunderte meteorologischer Beobachtungen in Bremen. *Abh. Naturw. Verein Bremen*39, 185-261.
- BALOGH, J., 1958. *Lebensgemeinschaften der Landtiere*. Berlin-Budapest, 560 S.
- BAWEJA,K.D.,1936. Studies of the soil fauna with special reference to recolonization of sterilized soil. *J.Anim.Ecol.*8, 120-161.
- BAZZAZ, F.A.,1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology* 56, 485-488.
- BERENDT, R., & D.BOLTE, 1984. Untersuchungen über den Einfluß einer ausgewählten Pflanzengesellschaft (*Melilotetum albi-officinalis* SISS. 1950) auf die Zusammensetzung der Boden-Mesofauna. *Dosera* 84, 19-26.
- BEUTEL, P., KÜFFNER, H. & W.SCHUBÖ, 1980. *SPSS* 8, 300 S., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- BLACKITH, R.E., 1974. The ecology of Collembola in Irish blanket bog. *Proc. R. Ir. Acad. (B)* 74, 203 - 206.

- BLOCK, W., 1965. Distribution of soil mites (Acarina) on the Moor House National Nature Reserve, Westmoorland, with notes on their numerical abundance. *Pedobiol.* 5, 244-251.
- BLOCK, W., 1966. Seasonal fluctuations and distributions of mite populations in moorland soil with a note on biomass. *J. Anim. Ecol.* 35, 487-503.
- BOLGER, T. & J. P. CURRY, 1980. Effects of cattle slurry on soil arthropods in grassland. *Pedobiologia* 20, 246-253.
- BOLTE, D., 1982. Mikroarthropoden-Synusien in der Rhizosphäre der kanadischen Goldrute (*Solidago canadensis*). Diplomarbeit, FB 2, Universität Bremen.
- , 1984. Collembolen in der Rhizosphäre der kanadischen Goldrute (*Solidago canadensis* L.) auf unterschiedlichen Standorten. In Vorber..
- BROCKMANN, W., 1980. Enchytraeiden (Oligochaeta) im Abdeckmaterial von Mülldeponien unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Bodenverdichtungen. Diplomarbeit Bremen.
- BROCKMANN, W., KOEHLER, H. & T. SCHRIEFER, 1979. Recultivation of refuse tips: soil ecological studies. In: DINDAL, D., (ed), Soil biology as related to land use practices. Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool., 161-168, EPA, Washington, D.C., USA.
- CANCELA DA FONSECA, J.-P., 1965. L'outil statistique en biologie du sol. 1. Distributions de fréquences et tests de signification. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 2, 299-332.
- 1966. L'outil statistique en biologie du sol. 3. Indices d'intérêt écologique. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 3, 381-402.
- CORDES, H., 1967. Moorkundliche Untersuchungen zur Entstehung des Blocklandes bei Bremen. *Abh. naturw. Verein Bremen* 37, 147-196.
- CROSSLEY, D. A., jr., 1977. Oribatid mites and nutrient cycling. In DINDAL, D. L. (ed): *Biology of Oribatid Mites*, Syracuse, N.Y., USA.
- CURRY, J. P., 1978. Relationships between microarthropod communities and soil and vegetational types. *Royal Dublin Society, Scient. Proc., Ser. A.*, 6, 131-141.

- CURRY, J.P. & J.GANLEY, 1977. The arthropods associated with the roots of some common grass and weed species of pasture. In LOHM, U. & T.PERSSON (eds): Soil organisms as components of ecosystems. Ecol. Bull. (Stockholm) 25, 330-339.
- DAVIS, B.N.K., 1963. A study of microarthropod communities in mineral soils near Corby, Northants. J.Anim.Ecol. 32, 49-71.
- DHILLON B.S., & N.H.E. GIBSON 1962. A study of the Acarina and Collembola of agricultural soils. Pedobiologia 1, 189-209.
- DOUCE, G.K., 1973. The population dynamics and community analysis of the Acarina on the Arctic coastal tundra. M.S.Thesis, zitiert in: DOUCE, G.K., Acarina abundance and community structure in an arctic coastal tundra. Pedobiologia 17, 32-42, 1977.
- DUNGER, W., 1968. Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohletagebaues. Abhandl. und Berichte Naturkundemuseum Görlitz 43, 2, 256 S.
- , 1975. On the delimitation of soil microarthropod coenoses in time and space. In: VANEK, J. (ed), Progress in Soil Zoology. Proc. 5th Int. Coll. Soil Zoology, Prague, 43-49.
 - , 1978. Parameter der Bodenfauna einer Catena von Rasenökosystemen. Pedobiologia 18, 310-340.
- DZIUBA, S., 1972. A zoocenotic description of saltmarsh mite communities (Acari, Mesostigmata). Ekol.Polska, 20, 833-856.
- EDWARDS, C.A., REICHLE, D.E., CROSSLEY, D.A., jr., 1970. The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. In: REICHLE, D.E., (Hg.), Analysis of temperate forest ecosystems, 147-172, Springer, Hamburg, New York.
- EDWARDS, C.A. & J.R. LOFTY, 1975. The influence of cultivations on soil animal populations. In: VANEK, J. (ed), Progress in soil zoology. Proc. 5th Int. Coll. Soil Zoology, Prague, 399-407.
- ELBADRY, E.A., 1973. A comparative ecological analysis of the soil Mesostigmata (Acarina) associated with some bavarian forests. Z. ang. Ent. 73, 117-128.

- ENGELMANN, M.D., 1961. The role of soil arthropods in the energetics of an old field community. *Ecol. Monogr.* 31, 221-238.
- FRANZ, H., 1963. Biozönotische und synökologische Untersuchungen über die Bodenfauna und ihre Beziehungen zur Mikro- und Makroflora. In: DOEKSEN & VAN DER DRIFT, Soil organisms, 345-367.
- FRENZEL, G., 1936. Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesensbodens. Jena, 130 S.
- FÜHRER, E., 1961. Der Einfluß der Pflanzenwurzeln auf die Verteilung der Kleinarthropoden im Boden, untersucht an *Pseudotribia ardua* (Oribatei). *Pedobiologia* 1, 99-112.
- GARAY, I., CANECELA DA FONSECA, J.P. & P.BLANDIN, 1981. The effects of trampling on the fauna of a forest floor. In: DINDAL, D.,(ed), Soil biology as related to land use practices, Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool., 200-212, EPA, Washington, D.C., USA.
- & L.NATAF, 1982. Microarthropods as indicators of human trampling in suburban forests. In: BORNKAMM, R., LEE, J.A. & M.R.D.SEAWARD, (eds), Urban ecology, 201-209, Blackwell, London.
- HAARLÖV, N., 1955. Vertical distribution of mites and Collembola in relation to soil structure. In: KEVAN, D.K.McE.(ed), Soil Zoology, 333-337, Butterworths, London.
- , 1960. Microarthropods from Danish soils. *Oikos Suppl.* 3, 1-176.
- HARTENSTEIN, R., 1961. On the distribution of forest soil microarthropods and their fit to "contagious" distribution functions. *Ecology* 42, 190-194.
- HARTNIGK-KÜMMEL, Ch., 1982. Untersuchungen zur qualitativen und quantitativen Veränderung der Oribatidenfauna (Acari: Oribatei) eines Eichen-Kiefern-Forstes am Straßenrand. Dissertation TU-Berlin.
- HERMOSILLA, W., RUBIO, J., PUJALTE, J.C. & A.R. RECA, 1978. Die Wirkung der Bodenverdichtung auf die hypogäischen Zoözoosen. *Landwirtschaftl. Forschung* 31, 208-217.

- HIRSCHMANN, W., 1957-1979. Gangsystematik der Parasitiformes, Folgen 1- 25. Bibliographie in Folge 26, 1979. Hirschmann Verlag, Fürth/ Bayern.
- HÜTHER, W., 1961. Ökologische Untersuchungen über die Fauna pfälzischer Weinbergböden mit besonderer Berücksichtigung der Collembolen und Milben. Zool.Jb. (Syst.) 69 ,243-368.
- HUHTA, V., IKONEN, E. & P. VILKAMAA, 1979. Succession of invertebrate populations in artificial soil made of sewage sludge and crushed bark. Ann. Zool. Fennici 16, 223-270.
- HUTCHINSON, G.E., 1958. Concluding remarks. Cold Springs Harbor Symposia on quantitative Biology 22, 415-427.
- KACZMAREK, M., 1973. Influence of humidity and specific actions on Colembolan populations in pine forest. In: VANEK, J., (ed). Progr. Soil. Zool., Proc. 5th Int. Coll. Soil Zool., Prague, 430-440.
- KÄHLER, W.-M., 1984. SPSS, Einführung in das Datenanalysesystem, 215 + viii S., Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- KARG, W., 1960. Untersuchungen über edaphische Gamasiden (Acari, Parasitiformes) im Rahmen besonderer phytopathologischer Probleme. Deutsche Akad. der Landwirtsch. Berlin, Tagungsberichte Nr.29, 13-24.
- ,1961. Ökologische Untersuchungen von edaphischen Gamasiden (Acari, Parasitiformes). Pedobiologia 1, 53-98.
 - ,1962. Räuberische Milben im Boden . Die neue Brehm Bücherei, Band 286, 64 S.
 - ,1967. Synökologische Untersuchungen von Bodenmilben aus forstwirtschaftlich und landwirtschaftlich genutzten Böden. Pedobiologia 7, 198-214.
 - , 1968. Bodenbiologische Untersuchungen über die Eignung von Milben, insbesondere von parasitiformen Raubmilben als Indikatoren. Pedobiologia, 8, 30-49.
 - ,1971. Die freilebenden Gamasina (Gamasides), Raubmilben. In: DAHL, F., (ed), Die Tierwelt Deutschlands, 59.Teil, 475 S., Gustav Fischer, Jena.
 - ,1978. Milben als Indikatoren zur Optimierung von Pflanzenschutzmaßnahmen in Apfelintensivanlagen. Pedobiologia 18,415-425.

- ,1982. Untersuchungen über die Habitatansprüche, geographische Verbreitung und Entstehung von Raubmilbengattungen der Cohors Gamasina für ihre Nutzung als Bioindikatoren. *Pedobiologia* 24, 241-247.
- KLIMA, J., 1956. Strukturklassen und Lebensformen der Oribatiden (Acari) *Oikos* 7, 227 - 242.
- KNÜLLE, W., 1957. Die Verteilung der Oribatei (Acari) im Boden. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 46, 397-432.
- KOEHLER, H., 1983. Studies on the development of soil mesofauna in a rubble dump cover. In LEBRUN, Ph., et al. (eds): *New Trends in Soil Biology. Proc. 7th Int.Coll.Soil Zool.* Louvain-la-Neuve (Belgium), 561-567.
- KUBIENA, W.L., 1955. Animal activity in soils as a decisive factor in the establishment of humus forms. In KEVAN, D.K.McE., (ed), *Soil Zoology*, 73-82, Butterworths, London.
- LORING, S.J., 1981. Response of *Hypogastrura nivicola* (Collembola, Hypogastruridae) to variable relative humidity. *Pedobiologia* 22, 167-171.
- LUFF, M.L., & HUTSON, B.M., 1977. Soil fauna populations. In: HUCKETT, B., (Hg.), *Landscape reclamation practice*, 125-147, IPC Business Press, Guildford.
- LUTZ, J.L., & TRAITTEUR-RONDE, G., 1965. Über Zusammenhänge in Artenbestand von Pflanzen, Bodenkleintieren und Mikroben des Hochmoores nebst ökologischen Ausblicken. In: TÜXEN, R., (Hg.), *Biosozilogie. Bericht über das int. Symp. in Stolzenau (Weser) 1960*, der Int. Vereinigung f. Vegetationskunde, 211-223, Den Haag.
- LUXTON, M., 1967. The zonation of saltmarsh Acarina. *Pedobiologia* 7, 55-66.
- MACARTHUR, R.H., 1958. Population Ecology of some warblers of north-eastern coniferous forests. *Ecology* 39, 599-619.
- MACFADYEN, A., 1952. The small arthropods of a Molinia fen at Cothill. *J. Anim.Ecol.* 21, 87-117.
- MADGE, D.S., 1964. The humidity reactions of oribatid mites. *Acarologia*, 6, 566-591.
- MÄRKEL, K., 1964. Über die Vertikalgliederung der Oribatiden-Fauna in Humusauflagen. *Acarologia fasc.h.s., C.R.1er Congrès Int. d.Acarologie*, Fort Collins, USA, 158-170.

- MCBRAYER, J.F., 1977. Contributions of cryptozoa to forest nutrient cycles. In: MATTSON, W.J.(ed), The role of arthropods in forest ecosystems, 70-77, Springer-Verlag, New York.
- MICHERDZINSKI, W., 1969. Die Familie Parasitidae OUDEMANS 1901 (Acarina, Mesostigmata). Zaklad Zoologii Systematycznej, 690 S., Polskiej Nauk, Krakow.
- MORITZ, M., 1963. Über die Oribatiden-Gemeinschaften norddeutscher Laubwälder unter besonderer Berücksichtigung der die Verteilung regelnden Milieubedingungen. *Pedobiologia* 3, 142-243.
- MORGENWECK 1941. Strukturvergleiche von Acker und Grünland. *Pflanzenbau* 18, 161-191.
- MOURSI, A.A., 1962. The lethal doses of CO_2 , N_2 , NH_3 and H_2S for soil arthropods. *Pedobiologia*, 2, 9-14.
- MÜLLER, J., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 2. Keimung und Etablierung während früher Vegetationsentwicklung auf Ruderalstandorten. *Verh. Ges.Ökol.*13, im Druck.
- MÜLLER, J., & D. BOLTE, 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 3. Vegetationsentwicklung auf einer Deponieabdeckung. *Verh. Ges.Ökol.*13, (Bremen 1983), im Druck.
- NEF, L., 1962. The distribution of Acarina in the soil. In: MURPHY, P.W., (ed), *Progress in Soil Biology*, 56-57 Butterworths, London.
- PERSSON, T. & U.LOHM, 1977. Energetical significance of soil- and litter-inhabiting animals and arthropods in a Swedish grassland ecosystem. *Ecol.Bull.*(Stockholm) 23, 1-211.
- PETERSEN, H., 1982. Quantitative ecology of microfungi and animals in soil litter. *Oikos* 39, 288-421.
- PRECHT, M., 1979. Bio-Statistik: eine Einführung für Studierende der biologischen Wissenschaften. Oldenbourg, München, 256 S.
- PIANKA, E.R., 1976. Competition and niche theory. In: MAY, R.(ed), *Theoretical Ecology*, 114-141, Blackwell, London.
- REICHLE, D.E., O'NEILL, R.V. & W.F. HARRIS, 1975. Principles of energy and material exchange in ecosystems. In: VAN DOBBEN, W.H. & R.H. LOWE-CONNELL (eds), *Unifying concepts in ecology*, 27-43, Junk, The Hague.

- RICKLEFS, R.E., 1978. Ecology. Nelson & Sons, Sunbury-on-Thames.
- SCHALK, V., 1968. Zur Bodenfauna von Wiesen- und Luzernebeständen unterschiedlicher Standorte unter besonderer Berücksichtigung der Oribatiden. *Pedobiologia* 8, 424-506.
- SCHEFFER, F., & P.SCHACHTSCHABEL, 1976. Lehrbuch der Bodenkunde, Stuttgart.
- SCHIMITSCHEK, E., 1938. Einfluß der Umwelt auf die Wohndichten der Milben und Collembolen im Boden. *Z. angew. Entomol.* 24, 216-247.
- SCHMELCHER, M., 1983. Untersuchungen zur Milbenfauna verschiedener Weinbergsböden im oberen Rheingau unter besonderer Berücksichtigung der Raubmilben (Acarina, Gamasina). Diplomarbeit, Bonn.
- SCHRIEFER, T., 1984. Der Zusammenhang von Bodenatmung, Wasserhaushalt und Mikroklima während der Anfangsphase der sekundären Sukzession. Dissertation, Fachber. 2, Univ. Bremen.
- SCHWERDTFEGER, F., 1975. Ökologie der Tiere, Band III, Synökologie, Parey, Hamburg, 451 S.
- STAMMER, H.-J. (Hg), 1963. Beiträge zur Systematik und Ökologie mitteleuropäischer Acarina. 2. Band, Mesostigmata, 804 S., Akademische Verlagsges., Leipzig.
- STRENZKE, K., 1952. Untersuchungen über die Tiergemeinschaften des Bodens: Die Oribatiden und ihre Synusien in den Böden Norddeutschlands. *Zoologica* 37, 1-167.
- STRÜVE-KRUSENBERG, R., 1981. Sukzession und trophische Struktur der Bodenfauna von Brachlandflächen. *Pedobiologia*, 21, 132-141.
- TISCHLER, W., 1947. Über die Grundbegriffe synökologischer Forschung. *Biol. Zbl.* 66, 49-56.
- USHER, M.B., 1971. Seasonal and vertical distribution of a population of soil arthropods: Mesostigmata. *Pedobiologia* 11, 27-39.
- , 1976. Aggregation responses of soil arthropods in relation to the soil environment. In: ANDERSON, J.M. & A. MACFADYEN, The role of terrestrial organisms in decomposing processes, 61-94, Blackwell, London.

- VANNIER, G., 1980. Use of microarthropods (mites and springtails) as valuable indicators of soil metabolic activity.
In: DINDAL, D. (ed), Soil biology as related to land use practices. Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool., 592-603, EPA, Washington, D.C., USA.
- VOIGTS, H. & A.C. OUDEMANS, 1904. Zur Kenntnis der Milbenfauna von Bremen. Abh. naturw. Ver. Bremen 18, 1-253.
- WALLWORK, J.A., 1983. Soil fauna and mineral cycling. In: LEBRUN, Ph., ANDRE, H.M., DE MEDTS, A., GREGOIRE-WIBO, C. & G. WAUTHY (eds), New trends in soil biology, Proc. 8th Int. Coll. Soil Zool., Louvain-la-Neuve, 29-33.
- WEIGMANN, G., 1973. Zur Ökologie der Collembolen und Oribatiden im Grenzbereich Land-See (Collembola, Insecta; Oribatei, Acari). Z. wiss. Zool., Leipzig 186, 295-391.
- , 1982: The colonization of ruderal biotopes in the city of Berlin by arthropods. In: BORNKAMM, R., et al., (Hg.), Urban Ecology, 75-82, Blackwell Sc. Publ., Oxford, etc.
- WEIDEMANN, G., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem.
1. Konzept und Probestellen, Verh. Ges. Ökol. 13, im Druck.
- WHELAN, J., 1978. Acarine succession in grassland on cutaway raised bog. Royal Dublin Soc., Sc. Proc., Ser. A., 6, 175-183.
- WILCKE, D.E., 1963. Untersuchungen über den Einfluß von Bodenverdichtungen auf das tierische Edaphon landwirtschaftlich genutzter Flächen. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 118, 1-44.
- WILLMANN, C., 1931. Moosmilben oder Oribatiden (Oribatei). In: DAHL, F., (ed), Die Tierwelt Deutschlands 22, Jena.
- , 1939. Terrestrische Acari der Nord- und Ostseeküste. Abh. Nat. Ver. Bremen, XXXi.
- , 1952. Die Milbenfauna der Nordseeinsel Wangerooge. Veröff. Inst. Meeresf. Bremerhafen 1, 139-186.
- WOOD, T.G., 1967. Acari and Collembola of moorland soils from Yorkshire, England, I-III. Oikos 18, 102-117, 137-140, 227-292.

III. Die Mesofauna einer Deponieabdeckschicht: Besiedlung und Sukzession unter besonderer Berücksichtigung der Gamasina.

	Seite
1. Grundlagen und Problemstellung	114
1.1 Einleitung	114
1.2 Ökosystembegriff und Stabilität	120
1.3 Sukzession	124
2. Material und Methoden	131
2.1 Probeflächen	131
2.2 Probenahme, Extraktion, Auswertung	133
3. Die Probeflächen SUK und REK im Spiegel der Befunde anderer Autoren	135
3.1 Pedologische Charakterisierung	135
3.2 Die Sukzession der Phytozönose	138
3.3 Die Entwicklung des Mikroklimas und des Bodenwasserhaushalts	140
3.4 Die Entwicklung der Bodenmikroflora	143
4. Ergebnisse der Untersuchungen des Abiozöns	144
4.1 Die aktuellen Bodentemperaturen im Zeitverlauf	144
4.2 Die aktuelle Bodenfeuchte im Zeitverlauf	147
5. Ergebnisse der zoozöologischen Untersuchungen	150
5.1 Erstbesiedlung der Deponieabdeckschicht	150
5.2 Die Sukzession der Mesofauna (Gruppen)	154
5.2.1 Die Besiedlung des gesamten Bodenprofils (0-12 cm)	156
5.2.2 Die Sukzession der Gruppen in den einzelnen Bodenschichten	163
5.2.2.1 Die Entwicklung der Abundanzdifferenz REK-SUK	167
5.2.2.2 Der Einfluß externer und interner Faktoren auf den Sukzessionsverlauf	169

5.3	Die Sukzession der Arten der Cohors Gamasina	170
5.3.1	Artenliste der Gamasina von den Versuchsflächen SUK und REK der Siedenburg-Deponie	170
5.3.2	Die Besiedlung des gesamten Bodenprofils (0-12 cm)	172
5.3.3	Die Sukzession der Arten in den einzelnen Bodenschichten	178
5.4	Die Vertikalverteilung im Sukzessionsverlauf (Mesofauna-Gruppen und Gamasina-Arten)	180
5.5	Die Horizontalverteilung und Konstanz im Zeitverlauf	184
5.6	Die Populationsstruktur einiger Arten der Gamasina	188
5.7	Die Entwicklung der Strukturparameter im Zeitverlauf	192
5.7.1	Artenzahl	192
5.7.2	Dominanzgefüge	195
5.7.3	Diversität	197
5.7.4	Kumulative Diversität	200
5.8.1	Die Veränderung der Gamasina-Synusie im Zeitverlauf	204
5.8.2	Vergleichende Darstellung der Sukzession von Phytozönose und Gamasina-Synusie	211
5.9.1	Entwicklung der Flächenähnlichkeit im Zeitverlauf: Ähnlichkeitsindices der Gamasina-Synusien.	214
5.9.2	Vergleich der Mesofauna von SUK, REK, Deponie, Brachland, Wiese und Weide	219
6.	Diskussion	222
6.1	Methodik	222
6.2	Die Sukzession der Mesofauna	224
6.3	Die Gamasina-Synusie im Zeitverlauf	232
6.4	Strukturparameter, Diversität und Stabilitätsent- wicklung der Gamasina-Synusie	238
6.5	Sukzession der Gamasina-Synusie und Rekultivierung	242
7.	Zusammenfassung	243
8.	Literatur	245

1. Grundlagen und Problemstellung

1.1 Einleitung

Die Industrialisierung der Landschaft hochtechnisierter Länder bringt Veränderungen der vorhandenen Ökosysteme mit sich. Diese können auf die anthropogenen Einflüsse vorübergehend oder dauerhaft mit der Einstellung neuer Gleichgewichte reagieren, falls sie nicht völlig zerstört bzw. ersetzt werden. Derartige Biotope sind häufig durch extreme Lebensbedingungen gekennzeichnet (besonders die Ruderalbiotope), so daß sie von einer ihnen eigentümlichen Biozönose besiedelt werden (TISCHLER 1952, SUKOPP et al. 1974, MÜLLER 1977, OLSCHOWY 1978, TOPP 1971).

Der vorliegende dritte Teil der Arbeit ist in das Forschungsvorhaben "Rekultivierung von Mülldeponien" der Universität Bremen eingebettet, das sich die Aufklärung von Sukzessionsmechanismen auf ökosystemarer Ebene zur Aufgabe gemacht hat, um insbesondere über die Entwicklung des Edaphons (Bodenmesofauna, Bodenmikroflora, ökosystemare Prozesse, wie N-Kreislauf) Aufschluß zu gewinnen und um mit Hilfe der darüber erhaltenen Befunde die gängige Rekultivierungspraxis aus ökologischer Sicht zu beurteilen bzw. mit Anregungen zu unterstützen. Einen Überblick über die Rekultivierungsproblematik und die Notwendigkeit der ökologischen Maßnahmen geben WEIDEMANN et al.(1982) und BOLTE (1982). Die Bewältigung dieser Problemstellung erforderte die Anlage einer unbeeinflussten Sukzessionsfläche und einer Rekultivierungsfläche auf einer Deponie, deren Abdeckschicht nicht von Giften (Methan, verseuchte Sickerwässer) belastet war. Derartige Beeinträchtigungen der Rekultivierung können in den meisten Fällen nicht durch ökologische Maßnahmen kaschiert werden, mit Ausnahme der Regulation des Sickerwasseraufkommens durch die Vegetation. Ansonsten ist die Vermeidung derartiger schädigender Faktoren Aufgabe des Deponie-engineering (hazard management, FISCHHOFF et al. 1978; WEIDEMANN 1979).

Die Untersuchung von Ödland- oder Ruderalökosystemen tritt zunehmend in den Vordergrund ökosystemaren Forschungsinteresses, da diese Areale einen großen Flächenanteil in urban-industriellen Regionen besitzen (BRADSHAW & CHADWICK 1980). Sie sind prädestiniert für die Erforschung edaphischer Strukturen und Prozesse; denn Ödlandsysteme befinden sich i. d. R. in einem relativ frühen Sukzessionsstadium oder lassen sich experimentell leicht in ein solches bringen, d.h., es sind Systeme mit anfangs überschaubarer Struktur (z.B. Artenspektren) und Funktion (z.B. Primärproduktion, Stoffkreislauf), die raschen Veränderungen unterworfen sind. Sie sind daher besonders geeignet, den Zusammenhang zwischen Strukturveränderung und Leistungsveränderung aufzuhellen und somit eine Beurteilung des Systems zu ermöglichen.

Diese Grundlagenforschungen haben auch hohen praktischen Wert. Die Renaturierung von durch Tagebau (Kohle, Ölsand) zerstörter Landschaft ist ein Schwerpunkt dieser Untersuchungen (z.B. BAUER 1973, DUNGER 1968, NEUMANN 1978), deren Ergebnisse jedoch auch von den Militärs pervertiert werden, die ein Interesse an den Möglichkeiten und Kosten der Wiederherstellung devastierter Natur haben (HOLDGATE & WOODMAN 1978).

Ökosysteme früher Sukzessionsstadien besitzen eine geringe Pufferfähigkeit gegenüber abiotischen Einflußgrößen. Die Ausbildung der Pioniersynusien wird daher stark von diesen Faktoren geprägt. Die Reaktionen der Lebensgemeinschaften können mit diesen externen Parametern in Zusammenhang gebracht werden. Die besonders in frühen Sukzessionsphasen auf Grund der geringen Pufferfähigkeit des Systems häufiger auftretenden Streßphasen (z.B. Temperatur-, Trockenstreß) können die Potenz einzelner Lebensgemeinschaften überfordern, wodurch Aufschlüsse über deren ökologische Ansprüche gewonnen werden können. Außer den empfindlichen Strukturelementen werden auch sensible Ökosystemleistungen offenbar.

Die Beendigung der Schüttung einer Bauschuttdeponie im Jahre 1975 ermöglichte die Einrichtung der von Gift unbeeinträchtigten Probeflächen des Forschungsprojektes "Rekultivierung von Mülldeponien" (ab Anfang 1980). Zu den oben aufgeworfenen Fragen zu Sukzession und Rekultivierung sollten durch ein "natürliches Experiment" mit Ruderalökosystemen früher Sukzessionsstadien Antworten gefunden bzw. weitere Hypothesen gebildet werden. Es wurden zwei Flächen eingerichtet: die eine wurde der natürlichen Entwicklung überlassen, während die andere Fläche nach künstlicher Etablierung der Phytozönose durch Ansaat regelmäßig gemäht wurde. Durch Vergleich der Sukzessionsfläche mit der rekultivierten Fläche sollte der Einfluß der Vegetation auf die Sukzession der Mesofauna geprüft werden. Weiterhin war die Hypothese der größeren Angepaßtheit und Stabilität der sich durch natürliche Sukzession ausbildenden Phyto- und Zoozönose im Vergleich zu denen der angesäten Fläche zu testen.

Ein solches "natürliches Experiment" ist nicht mit einem Labor-experiment zu vergleichen, in dem alle Faktoren bis auf den zu testenden mit der Kontrolle übereinstimmen. Nimmt man die Sukzessionsfläche als Kontrolle, so ist bei der Experimentalvariante die Phytozönose und die Bodenstruktur (durch Fräsen für die Ansaat) verändert. Diese Unterschiede zum Zeitpunkt t_0 haben Einfluß auf die Bodeneigenschaften (Porenvolumen, Wasserhaushalt) und das Mikroklima (SCHRIEFER 1984), Faktorenkomplexe, die für die Ausbildung der edaphischen Lebensgemeinschaften von außerordentlicher Bedeutung sind. Dennoch erhellt die vergleichende Betrachtung der Synusien des gleichen Standortes und derselben Sukzessionsphase die Zusammenhänge der Sukzessionsabläufe nicht unerheblich, wie z.B. die Arbeiten von DAVIS (1963), DUNGER (1968), HUHTA et al. (1979), HUTSON (1980) und die aus Vergleichen abgeleiteten Befunde bezüglich der Struktur von Lebensgemeinschaften zeigen (BERENDT et al. 1983, BOLTE 1984, DUNGER 1978, KARG 1967, KNÜLLE 1957, SCHALK 1968, SCHMELCHER 1983, STRENZKE 1952 u.a.; s. auch den 2.Teil dieser Arbeit).

Die Sukzession der Biozönose einer Deponieabdeckschicht wird also durch die künstlich geschaffenen Ausgangsbedingungen und durch ihre im Vergleich zum Umland extreme Umwelt geprägt. Schadstoffe, hohe Bodenazidität und -salinität treten bei einer Bauschuttdeponie nicht in schädigendem Maße auf (s.3.1). Ein derartiger Standort ist vielmehr durch hohe Bodenverdichtung, fehlende Bodengenese und Extremsituationen des Bodenwasserhaushaltes (wie Staunässe, fehlender Grundwasserschluß) und des Mikroklimas gekennzeichnet. Dadurch wird die Entwicklung sowohl von evtl. im Abdeckmaterial vorhandene Diasporen als auch die der einwandernden Organismen be- bzw. verhindert und die Ausbildung biozönotischer Konnexe erschwert (KOEHLER 1985).

Die zentrale Bedeutung der Böden für die Funktion terrestrischer Ökosysteme ist bekannt. Daraus resultiert die Bedeutung der bodenkundlichen und bodenökologischen Untersuchungen für die Beurteilung der Auswirkungen anthropogener Boden- bzw. Ökosystemveränderungen (BLUME 1975, GHILAROV 1978). Eine gute Zusammenstellung der bodenbiologischen Untersuchungen in anthropogenen Ökosystemen gibt GUTTMANN (1979).

Die Detritophagengemeinschaft und die sie kontrollierenden Prädatoren sind bedeutsam, da sie effektiv die Oxydation organischen Materials und damit die Freisetzung von Nährstoffen (MACFADYEN 1963, 1978) verlangsamen. Als Maß der Bedeutung einer Gruppe im Ökosystem diene, besonders in der ersten Phase der Ökosystemforschung bis Mitte 1970, häufig der Energiefluß. Der Anteil der Bodenmesofauna am Gesamtenergiefluß des Ökosystems ist nicht leicht abzuschätzen (MACFADYEN 1970, EDWARDS et al. 1970). REICHLE (1977) errechnete für die Bodenarthropoden einen Respirationswert von 5.5 % der Bodenatmung. Für die Räuber eines Waldbodens (u.a. Gamasina) geben McBRAYER & REICHLE (1971) eine Konsumtion von $2.5 \pm 1\%$ ihres Körpergewichts (m_x) pro Tag an. Eine Abschätzung der Konsumtion im vorliegenden Fall kann mit Hilfe der Biomassedaten des 2. Teils erfolgen. Eine energetische Bilanz des Systems soll jedoch in diesem Rahmen nicht durchgeführt werden. Die Verknüpfung von metabolischer Aktivität und Stoffkreislauf bleibt offen. "Denn obwohl wir wissen, daß die metabolische Aktivität der Schlüssel zu Mineralisationsraten ist, sind wir noch unfähig, für all die größeren heterotrophen Populationen des Bodens das Schloß zu öffnen und Metabolismus mit Mineralisation in quantitative Beziehung zu setzen" (REICHLE 1977).

Der Beitrag der Bodenorganismen an der Zersetzung organischer Substanz erfolgt auf vielfältige Weise:

- physikalisch durch mechanische Zerkleinerung des Materials;
- durch spezifische chemische Veränderungen (u.a. Bildung von Huminstoffen);
- durch Veränderung der Bodenstruktur: größere Bodentiere haben Anteil an der Durchmischung und Durchlüftung des Bodens, kleinere beeinflussen durch die Struktur ihrer Kotkrümel die Bodeneigenschaften (KUBIENA 1955, WEBB 1977).

ENGELMANN (1961) sieht die Hauptrolle der saprophagen Bodenarthropoden in der Kontrolle der Pilz- und Bakterienpopulationen. Die Arthropoden können das Wachstum der Zersetzer durch "microbial stripping" (MACFADYEN 1978) sowohl beschleunigen als auch verlangsamen. Die Boden-Carnivoren kontrollieren die Populationen der Herbivoren.

Im Zusammenhang mit dem Stoffkreislauf können die Bodenarthropoden wichtig für die Regulation der Umsatzraten einzelner Elemente sein (SATCHELL 1974). Indirekte Effekte der Bodenarthropoden auf den Stoffkreislauf zeigten WITKAMP & CROSSLEY 1966. McBRAYER (1977) fand bei den Invertebraten des Bodens hohe Retentionsraten für N und P. Damit beeinflussen sie wahrscheinlich die "release rates" dieser Elemente. Dies wird besonders deutlich, wenn man den indirekten Effekt der Bodentiere auf die mikrobielle Aktivität außer Acht läßt. Man sollte sich jedoch hüten, die Rolle der Bodenfauna in einzelnen speziellen Funktionen zu sehen, da sie vielmehr komplex mit vielen Kompartimenten des Ökosystems interagiert (CROSSLEY 1977a). Aus dieser vielfach verknüpften Stellung der Organismen im System resultiert auch die Möglichkeit, Bodenorganismen als Indikatoren zu nutzen (z.B. Raubmilben: KARG 1968, Oribatiden: KRIVOLOUTSKY 1975, DINDAL 1977).

Einen Überblick über die Rolle der Bodentiere bei der Rekultivierung von Abraumhalden geben LUFF & HUTSON (1977) und HUTSON (1980).

Die Acari und Collembola nehmen in Bodenauslesen einen dominierenden Anteil ein. Besonders die Milben eignen sich auf Grund ihrer Artenvielfalt und ihrer Zugehörigkeit zu sehr verschiedenen ökologischen Gruppen zur Indikation von Vorgängen im Boden und von Veränderungen im Mikroklima (KARG 1967, KOEHLER 1983).

Die ökologische Vielfalt der Milben wird durch die zahlreichen, unterschiedlichen Ernährungstypen deutlich. So sind Detritus-, Bakterien- und Pilzfresser, Pflanzenparasiten, Tierparasiten und Räuber bekannt (WALLWORK 1967). Die von KARG (1968) auf Grund eines umfangreichen Datenmaterials zu Testzwecken ausgewählte Cohors der überwiegend räuberischen Gamasina spielt als regulierend wirkender Faktor im Naturhaushalt eine wichtige Rolle (DOSSE 1956, KARG 1962, RODRIGUEZ 1962 u.a.). Sie reagieren mit der Zusammensetzung ihrer Synusien deutlich auf Substratunterschiede (HUHTA et al. 1979, KARG 1982a). Untersuchungen ergaben, daß sie Nematoden, andere Acari, Collembolen, Enchytraeiden und kleine Insektenlarven vertilgen (KARG 1983). "Da sie relativ am Ende von verschiedenen Nahrungsketten stehen, sind sie für Testzwecke besonders gut geeignet. Bei bodenbiologischen Beurteilungen kommt es darauf an, etwas über die biologische Aktivität eines bestimmten Bodens auszusagen. In der Regel ist der Einfluß bestimmter Kulturmaßnahmen zu bewerten" (KARG 1968).

In frühen Sukzessionsstadien eines Ökosystems sind die Gamasina relativ häufig vertreten, da etliche ihrer Vertreter zu typischen Erstbesiedlern zu rechnen sind. Somit schien die differenzierte Analyse der Synusie der Gamasina (Artbestimmung) sowohl für die Sukzessionsuntersuchung als auch für die Beurteilung der Rekultivierungsmaßnahmen eine lohnende Aufgabe zu sein.

Vor der Darstellung der Ergebnisse der zooökologischen Untersuchungen steht die Erörterung der allgemeinen ökologischen Grundlagen, auf denen die Arbeit aufbaut. Sie wurde z.T. in den Diskussionen der Arbeitsgruppen der Projekte "Rekultivierung von Mülldeponien" (Universität Bremen) und "Bezugsökosystem Ödland" (BMFT) entwickelt (WEIDEMANN et al. 1982, 1984, WEIDEMANN & KOEHLER 1985). In Zusammenhang mit den Befunden aus Untersuchungen anderer Kompartimente (SCHRIEFER 1984, MÜLLER 1985, BERENDT in Vorb., BOLTE in Vorb., BORN in Vorb., BECKMANN in Vorb., MORITZ 1984) sollte eine auf ökosystemaren Kriterien basierende Beurteilung der unterschiedlichen Entwicklungen der beiden Experimentalflächen ermöglicht werden. Diese Zielsetzung kann im Rahmen dieser Arbeit erst zum Teil erfüllt werden.

1.2 Ökosystembegriff und Stabilität

Auch anthropogen beeinflusste Lebensräume unterliegen allgemeingültigen ökologischen Gesetzmäßigkeiten (JACOBS 1975, REICHHOLF 1976, MÜLLER 1977). In der Einleitung (1.1) wurde des öfteren vom Ökosystem oder vom System gesprochen, das aus interaktiven Kompartimenten besteht. Unter theoretischen als auch unter anwendungsbezogenen Gesichtspunkten nimmt die Klärung der Begriffe Ökosystem und Stabilität einen großen Raum ein. Um Mißverständnissen und einer mechanistischen Übertragung der Argumente und Hypothesen auf die natürlichen Gegebenheiten vorzubeugen, soll eine kurze Begriffsdiskussion und -klärung erfolgen (s. auch BRECKLING & SCHÖN 1984).

Vom Forschungsgegenstand "Natur" wird mit Hilfe von Konzepten der Systemtheorie ein Modell abgeleitet. Es wird als Arbeitshypothese angenommen, daß den konkreten natürlichen Sachverhalten Eigenschaften innewohnen, die mit Methoden der Systemtheorie abzubilden und zu erfassen sind (vgl. STÖCKER 1979). Leider ist die Systemtheorie wohl eher eine Reihe von Konzepten, als eine in sich geschlossenen Theorie, aus der sich konkrete Arbeitsanweisungen ergeben könnten. Aus dieser Unsicherheit wird die Bedeutung der Aufgabe ersichtlich, "zu beschreiben, womit sich Systemtheorie beschäftigt, kann doch dadurch gezeigt werden, wo Systemtheorie angesiedelt ist, und es können ihre Möglichkeiten, aber auch ihre Grenzen dargestellt werden" (BICHTLER 1980). Die Systemtheorie ist eine geeignete Methode, da sie für die Analyse derartiger komplexer Realitäten, wie die der Natur entwickelt worden ist (BERTALANFFY 1960). Die Konkretisierung der Modellbildung erfolgt in Abhängigkeit von der Fragestellung. Damit wird der Forschungsgegenstand abgegrenzt, das System gebildet. Dies erfolgt durch Festlegung der Elemente, die miteinander in stofflicher, energetischer und/oder informationeller Wechselwirkung stehen, und der Systemgrenzen. Zur Klärung der unter 1.1 dargestellten Problematik wurden als Systemgrenzen definiert: die Probeflächenränder, 2 m Höhe und nach unten 12 cm (Probenahmetiefe). Zwischen biotischen und abiotischen Elementen, die als Biozönose und Abiozön zusammengefaßt werden können, bestehen stoffliche, energetische und/oder informationelle Relationen (TANSLEY 1935, ODUM 1971, u.a.).

Die Auswahl der Elemente oder Kompartimente erfolgt auf der Basis der in 1.1. dargestellten Argumentation. Sie müssen homogen hinsichtlich der wesentlichen Kompartimenteigenschaften sein. Auf diese Kompartimente beziehen sich Input, Output und Zeit (STÖCKER 1979). Bei der Betrachtung der Synusien der Acari und Collembola werden die Gruppen und Populationen als Systemelemente aufgefaßt. Das Abiozön (Milieu sensu SCHWEGLER 1981) wirkt über externe Variablen (Parameter sensu SCHWEGLER l.c.) auf dieses reduzierte Subsystem.

Für die Beurteilung des Systemverhaltens spielt der Begriff "Stabilität" eine wesentliche Rolle. "Fragen der Stabilität müssen eine Beziehung zu irgendeinem Untersuchungsplan haben. Das Konzept der Stabilität ist so lange bedeutungslos, wie wir nicht Spezifikationen vornehmen" (KAPLAN 1972). Zu der beschriebenen durch Zusammenfassen oder Ausgrenzen erfolgten Reduzierung der Realität und anschließend auch des Systems kommen noch weitere Festlegungen (Fortsetzung des Zitats): "Dabei geht es zunächst um das System selbst, dann um die uns interessierenden Variablen, um die Variationsbreite, die wir als zum Gleichgewicht gehörig ansehen, und schließlich auch um den Zeitraum, den wir für bedeutungsvoll halten wollen. (...) Es gibt keine Stabilität an und für sich" (KAPLAN, l.c., vgl. GIGON 1983, S.173,6.). Die Spezifizierung von Raum, Zeit, betrachteter Population und von Intensität und Dauer der Störung werden von CONNELL & SOUSA (1983) als Voraussetzung zur Beurteilung von Stabilität diskutiert.

Die Beurteilung einer Rekultivierungsmaßnahme nach systemtheoretischen Grundsätzen kann also bei definiertem System nur dann erfolgen, wenn das Nutzungsinteresse spezifiziert ist, der für etwaige Reparaturen notwendige Etat feststeht (auch damit wird die zu tolerierende Variationsbreite definiert) und der Zeitraum festgelegt wird, für den die Aussagen gelten sollen.

Die Analyse von Ökosystemen und die Beurteilung ihres Stabilitätsverhaltens erfolgt anhand der Untersuchung von Teilmodellen, die Subsysteme des aus der Natur abgeleiteten Systems darstellen. Derartige Systeme werden so konstruiert, daß sie operationalisierbar sind, d.h. experimentell und mathematisch manipulierbar. Eine Empfindlichkeit gegenüber Belastungen wird für solche Leistungen vermutet, denen nach REICHLE et al. (1975) eine besondere Bedeutung für die Persistenz von Ökosystemen zukommt, nämlich Primärproduktion, Remineralisation und Bioretention.

Die vielfältigen Konzepte der Stabilität sind zu einem großen Teil mathematisch-theoretischer Natur (MAY 1976, OSIUS & TIMM 1981, ROTH & SCHWEGLER 1981). Viele der ökologischen Untersuchungen beziehen sich auf ein oder zwei Populationen-Systeme (Räuber-Beute-Systeme), denen begrenztere Fragestellungen als in der vorliegenden Arbeit zu Grunde liegen (CLARK & HOLLING 1979). Unter dem Stabilitätsbegriff subsumiert ist der des ökologischen Gleichgewichts, den GIGON (1983) ausführlich durchleuchtet. Ein Plädoyer für die kybernetische Natur von Ökosystemen mit stabilisierenden Rückkoppelungseffekten halten PATTEN & ODUM (1981). Stabilität von Ökosystemen oder Biozönosen wird häufig im Sukzessionszusammenhang diskutiert (s.1.3).

Die Bedeutung der Definition der Systemelemente und der sie charakterisierenden Variablen wird an HOLLINGS (1973) Diskussion der Begriffe *resilience* und *stability* deutlich: "But if we are dealing with a system profoundly affected by changes external to it, and continually confronted with the unexpected, the constancy of its behavior becomes less important than the persistence of relationships." Hier wird ein funktionaler, qualitativer Begriff von *persistence* dem quantitativen der *constancy* entgegengesetzt. Mit dem Begriff der Persistenz (*persistence*) verliert die Erörterung von Gleichgewichtszuständen an Bedeutung, die eher statische Zustände beschreiben als die besonders in Sukzessions-systemen auftretenden vorübergehenden.

Resilience ist nun "ein Maß für die Persistenz eines Systems und seiner Fähigkeit, "Veränderungen und Störungen zu absorbieren und weiterhin dieselben Beziehungen zwischen Populationen oder Zustandsvariablen zu erhalten." (HOLLING, l.c., Übers. v. Verf.). Das von HOLLING ausführlich untersuchte "spruce-budworm-system" (CLARK & HOLLING 1979) besitzt eine große Instabilität und weist gerade deshalb eine ungeheure *resilience* auf. Stabilität wird von HOLLING (l.c.) als "the ability of a system to return to an equilibrium state after a temporary disturbance" definiert.

ELTON (1958) und MACARTHUR (1955) fanden viele Beispiele für einen Zusammenhang von Komplexität und Stabilität, die mit der Anzahl der Verknüpfungen der Arten im Nahrungsnetz zunimmt. MAY (1975) wies jedoch mit Hilfe von mathematischen Modellen nach, daß komplexe Systeme generell weniger stabil sind, daß sie stärker fluktuieren. Dieser Stabilitätsbegriff bezieht sich auf ein Gleichgewicht (equilibrium-centered view). Bei mehreren "domains of attraction" kann das System jedoch mehrere stabile Zustände annehmen wodurch, eine höhere resilience erreicht ist und eine höhere Persistenz.

Die systemtheoretische Herangehensweise ist sehr leistungsstark und besticht durch die Möglichkeit, einen unüberschaubar komplexen Forschungsgegenstand zu ordnen und ihn somit analysierbar zu machen. Häufig jedoch wird das mittels der systemtheoretischen Methode aus der konkreten Natur abstrahierte Abbild mit der Vorlage gleichgesetzt (s. STUGREN 1978). Die zunehmende gesellschaftliche Notwendigkeit der Physikalischbarkeit und Berechenbarkeit von Natur hat eine Veränderung der ökologischen Wissenschaften zur Folge gehabt. Dazu TREPL (1983): 'Die Absicht der Ökologie ,so meinte man, "wäre, die 'konkrete Fülle der Naturerscheinungen' zu verstehen (K. Friedrichs, Der Gegenstand der Ökologie studium generale 10, 1957), gerade im Gegensatz zu den abstrahierenden Wissenschaften der Zeit. Der Ökologe Stöcker (DDR) hat jüngst klargestellt: ÖkoSYSTEMFORSCHUNG (Herv. v. Verf.) ist genau die Absage an 'Ganzheiten'. Mit anderen Worten, sie ist die Absage an den Versuch, das unverkürzt-konkrete Ganze zu verstehen. Wenn letzteres je Ziel der Ökologie war, so ist diese Ökosystemforschung deren Übergang auf die Seite der abstrahierenden und berechnenden Wissenschaften. Der Versuch, 'konkrete Fülle' zu verstehen, wurde aber weniger abgebrochen als heimgeholt ins Kalkülenden. Man wollte das unverkürzte Ganze, erlangte es aber nur, indem man sich gegenüber den besonderen Inhalten gleichgültig machte und so doch wieder abstrakt wurde'. Die Gefahren und Grenzen der Ökosystemforschung, aber auch ihre Stärke kommen in diesem Zitat zum Ausdruck (s. auch SCHRAMM 1984).

1.3 Sukzession

Der Sukzessionsbegriff bezieht sich auf das Zeitverhalten eines Ökosystems und beschreibt die Entwicklung eines oder mehrerer organismischer Kompartimente in Interaktion mit anderen Kompartimenten und unter Einfluß der externen Faktoren. Unter der Annahme, daß der Komplex der externen Faktoren über längere Zeit "konstant" und folglich vorhersagbar ist, strebt das System einer Klimax zu (CLEMENTS 1916, ODUM 1969, HORN 1974). CLEMENTS (l.c.) beschrieb Sukzession als eine Abfolge von zeitlich definierten Stadien (seres), die schließlich zu einer sich nicht mehr ändernden Klimaxgesellschaft (Monoklimax, CLEMENTS l.c.; geo-klimatischer Klimax, SCHMITHÜSEN 1959) führt. Dieses deterministische Konzept wurde von WHITTAKER (1951) u.a. durch ein variables, nicht-deterministisches ersetzt, bei dem die zeitliche Entwicklung nicht in einer festgelegten Klimaxstruktur, sondern in einer Menge möglicher Klimaxstrukturen ("domain of attraction", SCHWEGLER 1981) endet. Sukzession kann ohne deterministischen Anspruch als "directional change in community composition and associated biological and environmental properties of ecosystems" (McNAUGHTON & WOLF 1979) angesehen werden.

Die Sukzessionstheorie wurde hauptsächlich von Botanikern entwickelt, dann aber auch für die zahlreichen Untersuchungen von zeitlichen Entwicklungsabläufen tierischer Lebensgemeinschaften angewendet. Die Sukzession der Fauna steht im engen Zusammenhang mit der Entwicklung der Phytozönose (JANETSCHKE 1949, RUSEK 1978; s. auch 2. Teil dieser Arbeit, 1.1), die zum überwiegenden Teil indirekt über Detritus als Nahrung, Mikroklima und Lebensraum auf die edaphischen Lebensgemeinschaften wirkt. Direkte allelopathische Einflüsse oder solche auf spezialisierte Pflanzenfresser sind z. T. nachgewiesen, spielen aber für die qualitative Zusammensetzung der edaphischen Synusien keine große Rolle (BOLTE 1982).

Die Anfangsphasen der Sukzession sind stark vom Zufall geprägt, wie Untersuchungen der phytozönotischen Entwicklung zeigen (SCHWABE 1979, SCHMIDT 1981, MÜLLER 1985). Die durch kurzfristige Ereignisse (Wärme- oder Kälteeinbruch, Nässe- oder Trockenperiode) bedingte Ausbildung der

Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften beeinflussen deren Folgeentwicklung auf unterschiedliche Art und Weise. Im Laufe der Jahre entwickeln sich die Lebensgemeinschaften zu standorts- und klimatypischen Synusien, die nicht mehr so stark von kurzfristigen Zufallsereignissen geprägt sind, aber umso mehr von ihrem Sukzessionsalter. Die Sukzessionsmechanismen werden von CONNELL & SLATYER (1977) in drei Modellen gefaßt: facilitation, tolerance und inhibition model. Die sich durch diese Modell-Mechanismen im Sukzessionsverlauf ausbildenden Lebensgemeinschaften setzen sich nicht scharf voneinander ab (discontinuum concept), sondern gehen gleitend ineinander über (continuum concept) (WHITTAKER 1953, 1975). Nach der Auffassung WHITTAKERs (1975, S.171) "a gradient of changing environment and a gradient of changing in species populations and community characteristics parallel one another. A succession is an ecocline in time." WHITTAKERs Klimax-Konzept erweitert nicht nur den Monoklimax-Begriff, sondern auch die Vorstellung der Klimaxstruktur, die meist an Hand ihrer Elemente als Hauptcönose (SCHMID 1922), Hauptassoziation oder klimatische Schlußgesellschaft (BRAUN-BLANQUET 1928) beschrieben wurde, indem er Ökosystem-Funktionen als Kriterien heranzieht und die Akkumulation und Stabilisierung des Nährstoffkreislaufs und die Herausbildung eines "steady-state of community productivity, structure and population" (WHITTAKER 1953) als wesentliche Implikationen der Sukzession ansieht. Ob die Artenzusammensetzung jemals ein steady-state-Gleichgewicht erreicht, wird von CONNELL & SLATYER (1977) bezweifelt. Die dem Rekultivierungsstandort der vorliegenden Untersuchung entsprechenden bewirtschafteten Grasländer sind Disklimax-Stadien, die eine offensichtliche Stabilität aufweisen, über deren Ursachen und Zusammenhänge erst wenig bekannt ist.

Den Zusammenhang von Sukzession und Stabilität stellen CONNELL & SLATYER (l.c.) her. In ihrem Artikel über "Succession and community stability" werfen sie die Frage auf: Unter welchen Bedingungen wird die Artenzusammensetzung in einem steady-state Equilibrium erhalten bleiben? Ohne in diesem Zusammenhang auf die in dieser Publikation diskutierten unterschiedlichen Stabilitätskonzepte einzugehen, können die folgenden Ergebnisse der beiden Autoren festgehalten werden: Ein sukzessionsfähiges System im Sinne von CLEMENTS (1916) ist global stabil. Beim Multi-klimax-Konzept liegt multiple Stabilität vor, zu der auch die "adjust-

ment stability" MARGALEFs (1963) gezählt werden kann. Dieser Stabilitätsbegriff ist auch für ein sich entwickelndes System anwendbar, im Gegensatz zu GIGON (1983, mündl.), der die Sukzession als instabile Phase ansieht. Nach einer die Stabilität des Systems "auf die Probe stellenden" Störung ist der Vorgang der Wiederherstellung der Biozönose je nach betroffener Arealgröße und Störungsintensität unterschiedlich. Kleine Areale sind schnell von Arten später Sukzessionsstadien der Nachbarstandorte besiedelt. Die Störung ist rasch beseitigt; es liegt hohe resilience (Widerstandskraft) vor, die eine Voraussetzung für die persistence (Fortdauer) des Systems ist. Große Areale durchlaufen eine Sukzession. "Wenn Stabilität als Fehlen ... von Populationsfluktuationen angesehen wird, dann nimmt die Stabilität tautologisch mit der Sukzession zu" (HORN 1974, Übers. v.Verf.). Es ist zu beachten, daß sich diese Sukzessions-Stabilitäts-Betrachtungen jeweils auf das Verhalten unterschiedlicher Elemente und somit verschiedener Systeme beziehen können (s. 1.2): so wird die Dynamik von z.B. Artenkomplexen, Populationsdichten oder Ökosystemfunktionen untersucht.

In den Anfangsphasen der ökosystemaren Entwicklung ist es nur wenigen Arten möglich, die mehr oder weniger lebensunfreundlichen Habitate zu besiedeln (CONNELL & SLATYER l.c.). Die biozönotische Stabilität ist gering, und es gibt wenig echte Information (Diversität H ; HERMOSILLA 1982). Im Laufe der Sukzession nimmt die Diversität zunächst zu, fällt dann wieder ab und kann mit zunehmendem Alter des Systems wieder ansteigen (WILLIAMS et al. 1969, BAZZAZ 1975; s. dazu auch 6.4). Der Diversitätseinbruch kennzeichnet den Zeitpunkt, an dem die "colonizers" von den "builders" abgelöst werden. Die anschließende Diversitätszunahme ist eine Folge der Habitatdiversifikation, die aber nur bei Zusammenfassung der kleinräumigen Analysenwerte (einzelne Probenahmen) deutlich wird (POOLE 1974). Da den Endstadien der Sukzession (falls sie existieren; denn "succession never stops", CONNELL & SLATYER 1977) ein gewisses Stabilitätsverhalten zugesprochen wird, kann ein einfacher Syllogismus zu dem Schluß führen, daß zunehmende Diversität höhere Stabilität zur Folge hat. Dieses Konzept wurde von MAY (1975) zumindest in seiner Allgemeingültigkeit widerlegt.

Es soll nun nicht weiter versucht werden, den Review von DRURY & NISBET (1973) fortzuführen oder die Zusammenstellung von USHER et al. (1982) wiederzugeben, in der darauf hingewiesen wird, daß die Kenntnisse über die Sukzession der Bodenmesofauna und die ihr zu Grunde liegenden Mechanismen noch äußerst gering sind. Vielmehr sollen einige Besonderheiten der betrachteten Systeme herausgearbeitet werden.

Bei der betrachteten Ökosystementwicklung handelt es sich um eine sekundäre Sukzession. Sieht man die Deponie als Störung des großräumigen Ökosystems Wümmemarsch, so wird man keine Angleichung des Deponieökosystems an das Grünlandökosystem erwarten können. Wie im zweiten Teil der Arbeit gezeigt wurde, setzt sich die Deponiefläche in abiotischer und biotischer Hinsicht deutlich vom Umland ab. Der Begriff der sekundären Sukzession, der die Veränderungen der Artenzusammensetzung (specific composition) beschreibt, die eine gestörte Lebensgemeinschaft zu einer Ähnlichkeit mit ihrem originären Zustand bringen (HORN 1974), trifft nicht zu, da die Störung den Lebensraum grundlegend verändert hat (Schaffung eines neuen Standorts). Wenn man das zum Zeitpunkt t_{0-1} (also vor der Planierung) vorliegende System als originäres ansieht, kann man die durch radikale Störung (Planierung) initiierte Ökosystementwicklung als sekundäre Sukzession auffassen, zumal ein erheblicher Diasporenvorrat im Boden der Abdeckschicht vorhanden war (MÜLLER 1985). Mit dem Ausgangssystem, das sich in einem Sukzessionszustand t_n befand, kann vom gestörten System nach t_m eine bestimmte Ähnlichkeit erreicht werden (n, m = Sukzessionsdauer).

SCHWERDTFEGER (1975, S. 26) zitiert TISCHLER (1955) und BALOGH (1958) indem er schreibt: "Von Primärsukzession spricht man, wenn auf bisher von (den Verhältnissen angepaßten) Lebewesen nicht bewohntem Gebiet sich Organismengemeinschaften neu gestalten. (...) Eine Sekundärsukzession liegt vor, wenn der Raum von Lebewesen, die den gegebenen Verhältnissen angepaßt sind, bewohnt ist, die Folge der Organismengemeinschaft also auf vorhandener Besiedlung aufbauen kann." Die auf der Deponie vorliegenden Verhältnisse mit dem vorhandenen Diasporenvorrat im Boden ermöglichen auch nach dieser Definition eine sekundäre Sukzession.

Für sekundäre Sukzession träfe das tolerance und inhibition model von CONNELL & SLATYER (l.c.) zu. Das tolerance model besagt, daß die

von den frühen Besiedlern verursachten Umweltveränderungen die Ansiedlung und Entwicklung späterer Arten fördert oder behindert, die beim inhibition model von den Pionieren gänzlich verhindert wird.

Die "Untersuchungen zielen auf die Analyse der sekundären Sukzession eines Ruderalökosystems und deren Beeinflussung durch Grasansaat (Rekultivierung) (WEIDEMANN et al. 1982, WEIDEMANN 1985). Unser Augenmerk richtet sich dabei auf die qualitative und quantitative Entwicklung ausgewählter Kompartimente im Systemzusammenhang, wobei die gegenseitigen Beeinflussungen im Laufe der Sukzession und die Abhängigkeit ihrer Entwicklung von externen Faktoren, wie Niederschlag, Temperatur und pedologischen Verhältnissen, im Mittelpunkt steht" (WEIDEMANN & KOEHLER 1985).

Die unbesiedelte Deponie (nach Schüttungsende oder Planierung) kann als Insel aufgefaßt werden (MACARTHUR & WILSON 1967, STRÜVE-KRUSENBERG 1981, WEIGMANN 1982), deren Artenzahl durch ein Gleichgewicht von neuankommenden und aussterbenden Arten bestimmt wird (SIMBERLOFF & WILSON 1969). Die Immigrationsrate ist während der Initialphase der Besiedlung hoch und flacht dann ab, weil das Potential des Umlandes an Arten hoher Verbreitungskapazität erschöpft ist. SIMBERLOFF & WILSON (l.c.) haben in ihren Experimenten einen relativ gleichbleibenden Lebensraum vorliegen, der nach Vergiftung der Fauna von dieser wiederbesiedelt wird. Im Gegensatz dazu ist in einem Sukzessions-system die Extinktionsrate von der Entwicklung des Lebensraums abhängig: nicht alle Immigranten können den Lebensraum zu jedem Zeitpunkt gleichermaßen besiedeln (kolonisieren), und zwar unabhängig von Konkurrenzmechanismen.

Die Pioniere müssen über effektive Verbreitungsmechanismen (z.B. Phoresie) verfügen und hohe Reproduktionsraten und kurze Entwicklungszyklen besitzen (r-Strategen), und sie müssen fähig sein, die auf Grund der spärlichen Vegetation "harten" Klimabedingungen und die "Unvorhersagbarkeit" (unpredictability, HOLLING 1973, MAY 1976) der Anfangsphase zu tolerieren. Diese Arten haben weniger spezialisierte Ansprüche (MARGALEF 1963). Neben der Phoresie spielt der Lufttransport eine große Rolle (HUTSON 1980). Der aktiven Immigration kommt keine Bedeutung zu. Mit Entwicklung der Phytozönose wird der Lebensraum produktiver und vielfältiger und bietet einer zunehmenden Zahl von Organismen und Arten Existenzmöglichkeiten (K-Strategen), die die Ressourcen möglichst rationell nutzen können (zum Konzept der r- und K-Selektion bei kolonisierenden Arten s. LEWONTIN 1965).

Außer den Arbeiten von BAWEJA (1938), HUHTA et al.(1979) und HERMOSILLA (1982) sind mir keine Untersuchungen bekannt, die auf unterschiedlich beeinflussten Flächen die Sukzession der Bodenmesofauna von t_0 an verfolgen. Die Wiederbesiedlung ab t_0 von künstlich defaunierten Mangroven-Inseln durch überwiegend baumbewohnende Insekten wurde von WILSON & SIMBERLOFF (1969) untersucht. Bei den meisten Arbeiten, die die Sukzession unterschiedlich beeinflusster Flächen vergleichen, ist der Ausgangszeitpunkt der einzelnen Flächen verschieden (BODE 1975, DUNGER 1968, GUTTMANN 1979, HUTSON 1980, VANEK 1975), oder es werden Flächen unterschiedlichen Alters als Sukzessionsstadien ein und desselben Ökosystems angesehen. Aus den Befunden wird dann auf die Ökosystementwicklung geschlossen (Kritik von Sukzessionsstudien s. PARR 1978).

Die dieser Sukzessionsuntersuchung vorausgegangenen Erhebungen des Mesofaunabestandes des Umlandes im Vergleich zu einer 3jährigen Deponiefläche (1979) zeigte, daß nur ca. 40% der Gamasina-Arten der Deponiefauna mit denen des Umlandes identisch sind (2.Teil der Arbeit). Die Entwicklung spezifischer Lebensgemeinschaften auf derartigen anthropogenen oder anthropogen beeinflussten Standorten führen auch LUFF & HUTSON (l.c.) an. In den folgenden Abschnitten wird nun die Entwicklung dieser eigenständigen Fauna während einer 3jährigen Sukzession (ab 1980) im Vergleich zu einer rekultivierten Fläche dargestellt und der Sukzessionsverlauf vor dem geschilderten Hintergrund diskutiert.

Bei der Beschreibung der Entwicklung des Mikroklimas, der pedologischen und mikrobiologischen Verhältnisse sowie der Vegetation wird auf die Arbeiten von SCHRIEFER (1984), VOLLMER & GEFKEN (1985) und MÜLLER & BOLTE (1985) zurückgegriffen, die kurz referiert werden.

2. Material und Methode

2.1 Die Probeflächen REK und SUK

Die Untersuchungen wurden auf den zwei Experimentalflächen REK und SUK des 0,8 ha großen Plateaus einer etwa 20m hohen ehemaligen Bauschuttdeponie am Rande Bremens durchgeführt (Abb.1). Die 50-100 cm mächtige Abdeckschicht besteht vorwiegend aus lehmigem Sand mit starkem Steinanteil. Im Winter 1979/80 wurden ca 60% des Plateaus planiert und so in einen Sukzessionsausgangszustand gebracht. Die Fläche wurde ab März 1980 einer unbeeinflussten Sukzession überlassen (Sukzessionsfläche SUK). Im Juni 1980 wurde der verdichtete Boden zweier Teilflächen oberflächlich gefräst und mit einer Grasmischung mit 5% Kräuteranteil eingesät (Rekultivierungsfläche REK). REK wurde regelmäßig gemäht. Der Rest des Areals blieb weiter als ungestörte SUK-Fläche bestehen. Eine genaue Flächenbeschreibung gibt WEIDEMANN (1985).

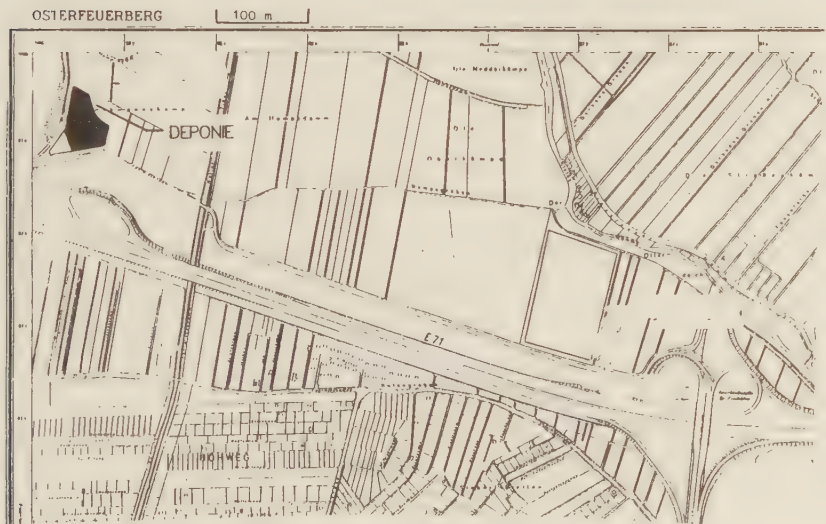


Abb.1: Die Lage der Deponie am Rande des Bremer Blocklandes.

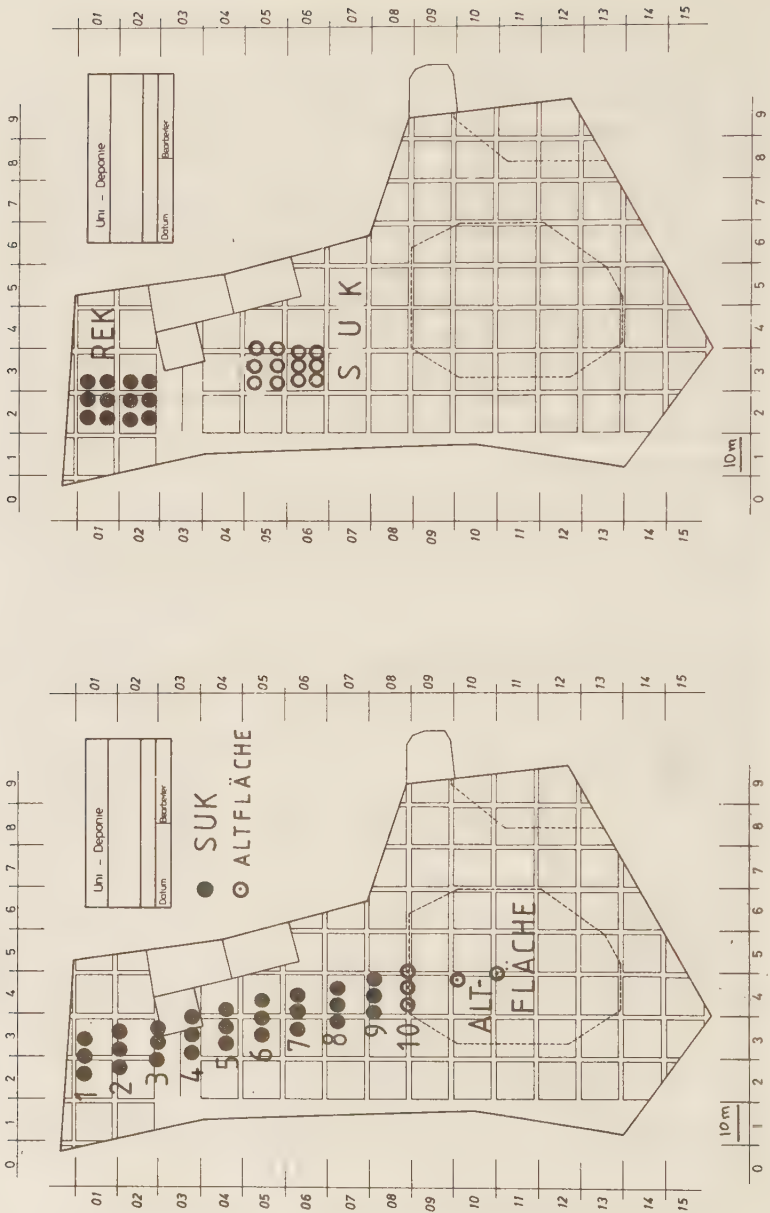


Abb.2: a) Probenahmedesign der Besiedlungsphase (bis 06.07.80);
b) Probenahmedesign ab Anfang 1981.

2.2 Probenahme, Extraktion und Auswertung

Im ersten Untersuchungsjahr wurden ab 3/1980 sieben Probenahmen durchgeführt, in den beiden folgenden Jahren je vier. Die Bodenproben (25 cm² , 100 cm³) wurden mit einem geschlossenen Bodenbohrer (DHILLON & GIBSON 1962) aus drei Bodentiefen entnommen ('Horizonte' 0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm). Der Stichprobenumfang betrug je Fläche 18 Proben, die auf die drei Horizonte dem Sukzessionszustand angepaßt verteilt wurden. Die Stichprobenmindestgröße betrug für die beiden unteren Horizonte drei Proben und für den oberen Horizont acht Proben je Variante. Im Laufe der Untersuchung wurden die Stichprobenumfänge der unteren Bodenschichten auf 4 (8-12cm) bzw. 6 (4-8cm) erhöht. In Abb. 2 ist ein Probenahmedesign der Anfangsphase einem des dritten Jahres gegenübergestellt (1. Probenahme (t_0): 5x3m-Raster; 2.-4. wie Abb.2a; ab 5. wie Abb.2b). Die Probenahmetermine sind in Tab.1 aufgeführt. In den die Sukzession darstellenden Grafiken beginnt die Zeitachse mit der 1.Woche des Jahres 1980. Die Wochen werden kontinuierlich bis Ende 1983 durchgezählt. Das grobe zeitliche Raster schließt die Fragestellung des Einflusses der Mahd aus.

Tabelle 1.

Zusammenstellung der Probenahmetermine mit den dazugehörigen Wochenangaben, die in den Grafiken auf der Zeitachse erscheinen.

1980		1981		1982	
Datum	Woche	Datum	Woche	Datum	Woche
26.03	13 *	31.03	67	18.03	117
08.04	15 **	24.06	79	11.06	129
25.04	17 *	07.10	94	03.10	145
07.06	23 *	10.12	103	08.12	155
30.07	31	(t ₀ SUK= 17.3.80, 11.Woche)			
17.09	38				
09.12	50				
		(t ₀ REK= 14.6.80, 24.Woche)			

* Nur SUK, da REK noch nicht eingerichtet war.

** Nur 0-4 cm.

Für die Erfassung der Tiere, die die Planierung (auch als Dauerstadien) überstanden haben, wurde Boden im Labor inkubiert und nach ca. 2 Monaten extrahiert.

Die Bodenfauna wurde in einem modifizierten MACFADYEN-canister-extractor ausgetrieben. Die Temperaturen wurden, ausgehend von der aktuellen Bodentemperatur, alle 24 Stunden um 5 K erhöht, bis eine Endtemperatur von ca. 45 °C an der Probenunterseite erreicht war. Der Temperaturgradient bewegte sich zwischen 5 und 10 K. Bis zu einer Temperatur von 35 °C (Probenoberseite) blieben die Proben zugedeckt, so daß ein feuchtes Extraktionsregime herrschte. Das feuchte Regime wurde nach Trockenperioden, bis auf die ersten Probenahmen, durch leichtes Anfeuchten der Proben gewährleistet. Die Probenahme erfolgte immer in den Nachmittagsstunden zwischen 14 und 16⁰⁰, um keine Verfälschung der Ergebnisse durch diurnale Wanderungen zu erleiden (BRAND 1979, VANNIER 1970). Während der Extraktion wurden die Tiere in Pikrinsäure fixiert, für die weitere Aufbewahrung dann in 70% Alkohol überführt. Eine ausführliche Beschreibung der Extraktionsmethodik findet sich im ersten Teil dieser Arbeit.

Insgesamt wurden aus 532 Proben 62 882 Tiere ausgezählt: 23 617 Collembola und 36 532 Acari, davon 2 509 Gamasina. Da die Stichprobenumfänge der einzelnen Bodentiefen nicht einheitlich waren, wurden die 0-12 cm- Werte als Summe der Mittelwerte der "Horizonte" errechnet. Die hier dargestellten Werte sind auf Quadratmeter hochgerechnete Summen für die jeweiligen Bodenschichten (statistische Überlegungen dazu s.2.Teil). Die Bestimmung der Gamasina erfolgte hauptsächlich nach KARG (1971), dem ich auch bezüglich der Nomenklatur folge, HIRSCHMANN (1957-1971), MICHERDZINSKI (1969) und STAMMER (1963). Die Abundanzwerte aller gefundenen Bodentiere (außer Nematoden) wurden in einer SPSS-Datei gespeichert und mit Hilfe von SPSS 9 bis zur grafischen Darstellung verarbeitet (BEUTEL et al. 1980).

Die aktuellen Bodentemperaturen wurden mit einem elektronischen Bodenthermometer (ULTRAKUST) gemessen. Die aktuellen Bodenfeuchten wurden nach der Extraktion nach 48stündigem Trocknen bei 60 °C als Prozent der Xeromasse ermittelt. Die Bodenproben wurden für weitere bodenkundliche Untersuchungen aufbewahrt.

Die relative Luftfeuchte und die Temperatur der obersten Bodenschichten wurde mit elektronischen Mikrosensoren (Fa. KYBERNA) ermittelt.

3. Die Probeflächen REK und SUK im Spiegel der Befunde anderer Autoren.

Der Biotop einer Deponieabdeckschicht ist besonders kurz nach Schüttungsende sehr unwirtlich für Pflanzen und Tiere. Die Bodenverhältnisse, der Wasserhaushalt und die mit der Vegetation in enger Wechselwirkung stehenden mikroklimatischen Verhältnisse setzen einen derartigen Standort von natürlichen Lebensräumen ab.

3.1. Pedologische Charakterisierung

Der Boden ist der Lebensraum der edaphischen Lebensgemeinschaften und beeinflusst über Porenvolumen, Wasserhaushalt, Bodenluft, chemische Faktoren und Nahrung (Gehalt an organ. C) deren Ausbildung.

Die physikalische Bodenkennzeichnung wurde von SCHRIEFER (1984), MÜLLER, LINDSTROT und HILBRICH (interne Protokolle) durchgeführt. Die Methoden werden bei SCHRIEFER (l.c.) beschrieben. Die Deponieabdeckschicht ist ein stark anthropogen beeinflusster Boden, der sich im Vergleich zu einem gewachsenen Boden schnell verändert und entwickelt. Die Gefügeeigenschaften unterliegen dabei einer Entwicklung, die von der Sukzession der Vegetation, der Fauna, der Mikroflora und dem jahreszeitlichen Witterungsverlauf geprägt wird.

Die Korngrößenverteilung von REK und SUK läßt auch nach zwei Jahren Sukzession erwartungsgemäß keine Unterschiede erkennen (Tabelle 2). Die Böden sind keinesfalls als homogen anzusprechen. Sie sind ein lehmiger Sand bis sandiger Lehmsand und besitzen einen geringeren Sandanteil als die im November 1979 untersuchte Nordfläche der Deponie (2. Teil der Arbeit).

Die anfängliche Verdichtung der Deponie durch die Planierung bedingt zunächst sehr geringe Infiltrationsraten. Zwei Jahre nach der Planierung (1982) ergeben sich jedoch bereits wesentlich höhere Werte besonders des Oberbodens, was auf eine Bodenlockerung durch die zunehmende Durchwurzelung hinweist (Tabelle 2).

Tabelle 2.
Bodenkundliche Kennwerte der Flächen SUK und REK.

	Tiefe (cm)	SUK	REK
Rohdichte (gm_x/cm^3)	0-5	1.02-1.58	
Sand (%)	0-15	57-78	53-87
Schluff (%)	0-15	12-20	7-26
Ton (%)	0-15	2-17	3-22
Gehalt an organ. Substanz (% m_x)			
1981	0-15	1.3-2.0	0.8-2.1
1980	0- 5	1.28	1.01
1981	0- 5	1.83	1.89
	5-10	1.57	1.55
	10-15	1.23	1.34
1982	0- 1	2.28	3.69
	0- 5	1.93	2.74
	5-10	1.52	2.47
	10-15	2.06	2.93
Gesamtporenvolumen 1981)	0- 5	43	45
	5-10	40	44
	10-15	36	38
Max. Wasserkapazität	0- 4	45-61	40-53
	4- 8	30-42	27-32
	8-12	21-32	21-32
Infiltrationsmessung ($\text{lm}^{-2}\text{xmin}$, DIN 19682)			
1981		0.03-0.6	0.26-0.86
1982		2.40-2.8	0.70-3.30
Bodenscherfestigkeit			
1981 (kpm)	0-10	4.5	2.8
	10-20	>5	>5
	20-30	>5	>5
1983 (kpm)	0-10	1.8	2.2
	10-20	4.3	4.2
	20-30	>5	>5

Tabelle 3.

Porenraumbestimmung mit Unterdruck auf REK (1982).

Bodentiefe (cm)	Porenraumgröße		
	300µm	300-100µm	100-50µm
0- 4	6.0	4.0	2.7
4- 8	3.8	2.9	3.7
8-12	1.9	3.7	2.8

Die Ergebnisse der Porenraumbestimmung sind in Tabelle 2 dargestellt (Gesamtporenvolumen 1981). Poren $>300 \mu\text{m}$ sind auf REK in den oberen Schichten zu einem höheren Prozentsatz vorhanden als in den tieferen. Die kleineren Poren zeigen keine horizontale Verteilung (Porenraumbestimmung mit Unterdruck, 1982, Tabelle 3).

Der unterschiedliche Grad der oberflächlichen Bodenverdichtung auf der SUK-Fläche und der gefrästen REK-Fläche wird durch die Bodenscherfestigkeit erfaßt. In Tabelle 2 ist der maximale Abscherwiderstand M_{max} in kpm als Mittelwert aus 16 Einstichen je Fläche angegeben.

Die bodenchemischen Verhältnisse sind nicht ungünstig für die Bodentiere (Tabelle 4), im Gegensatz zu denen der Böden von Kippen und Abraumhalden (DUNGER 1968, LUFF & HUTSON 1977, GUTTMANN 1979). Kleinräumige Schwankungen aller Bodenkennwerte belegen die edaphische Heterogenität der Untersuchungsfläche und damit die Möglichkeit der Ausbildung kleinstandörtlicher Bodenmuster. Diese Ungleichförmigkeit wird aus den in Tabelle 4 zusammengestellten bodenchemischen Kenngrößen (Quadrant 5.2) deutlich.

In Anbetracht der kleinräumigen Disparitäten innerhalb der bodenchemischen Kenngrößen muß die Bewertung ihrer zeitlichen Veränderung auf der Basis des bislang vorliegenden Datenmaterials noch zurückgestellt werden. Als Trend ist eine Zunahme des organ. Gehalts und des N_t erkennbar, bedürfen aber auch angesichts der andernorts erst nach 9 Jahren erkennbaren "geringfügigen" Veränderungen (SCHMIDT 1981) einer folgenden Überprüfung.

Tabelle 4.

Bodenchemische Kennwerte (1981), SUK, Quadrant 5.2.

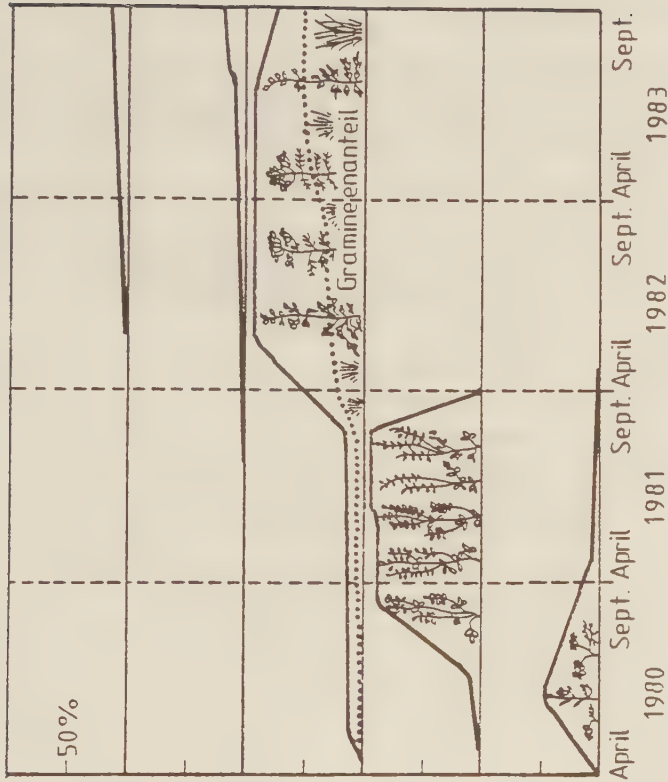
	0 - 5cm	5 - 10cm	10 - 15cm
pH	6,930 - 7,500	6,830 - 7,370	6,210 - 7,300
N	0,070 - 0,100	0,050 - 0,080	0,050 - 0,060
C	1,340 - 2,040	0,560 - 1,550	0,850 - 1,030
C/N	19,930 - 23,480	11,370 - 20,070	16,980 - 18,780
P	0,051 - 0,042	0,045 - 0,044	0,046 - 0,057
CaCO ₃	0,500 - 1,020	0,440 - 0,830	0,460 - 0,570

3.2 Die Sukzession der Phytozönose

Die Vegetation ist durch ihre absterbenden Teile Nahrungsgrundlage der Detritusfresser, die einen überwiegenden Teil der Bodentiere stellen. Sie beeinflusst weiterhin das Mikroklima und den Lebensraum (Porenvolumen). Die vegetationskundlichen Untersuchungen wurden von MÜLLER (1985) und BOLTE (MÜLLER & BOLTE 1985) durchgeführt.

Die Vegetationsentwicklung vollzieht sich auf SUK anfangs wegen des verdichteten Bodens langsam. Erst im zweiten Sukzessionsjahr wird eine 100%ige Deckung erreicht. Es lassen sich deutlich 3 Sukzessionsphasen unterscheiden: eine Therophytenflur (1980), die von einer Biennen-Phase abgelöst wird (1981), der im 3. Jahr eine perennierende Hemicryptophytenflur folgt (1983). In dieser Phase wird die Sukzessionsvegetation mehrstöckig (Abb.3).

Die Rasenfläche REK erreicht bereits im ersten Jahr (1980) 100% Deckung. Durch regelmäßige Mahd vom 2. Jahr an wird der Hornklee-Anteil (aus der Ansaat-Mischung) langsam zurückgedrängt. Anders als bei der tiefwurzelnden Sukzessionsvegetation, führt die Trockenperiode im Sommer 1982 auf REK zu einem deutlichen Rückgang des Deckungsgrades und zu Verminderung der Vitalität (starke Vergilbung).



Holzgewächse
(*Rubus frut. agg.*,
Sambucus nigra
Salix spec.)

Solidago
gigantea

Rainfarn-
Beifuß-Ges.
(z.T. grasreich)

Melilotetum
albi-officinalis

Pionierflur:
Ackersenf -
Kamillen-Ges.

Abb.3: Die Sukzession der Phytozönose auf SUK

(aus WEIDEMANN et al.1984).

3.3 Die Entwicklung des Mikroklimas und des Bodenwasserhaushaltes

Die Bedeutung des Mikroklimas für die Ausbildung der Synusien der Mesofauna ist bekannt und wurde im zweiten Teil der Arbeit diskutiert. Die mikroklimatischen Untersuchungen wurden von SCHRIEFER (1984) durchgeführt.

Die sich selbst überlassene und die angesäte, regelmäßig gemähte Fläche entwickeln sich schnell zu Standorten mit spezifischen Bestandesklimaten. Das Klima der bodennahen Luftschicht wird insbesondere von der Bestandesstruktur, aber auch vom Bodengefüge, der Streuschicht und dem Bodenwasserhaushalt bestimmt.

Auf der sich selbst überlassenen Fläche liegen seit der Etablierung eines geschlossenen Bestandes und besonders nach Bildung eines Unterwuchses die Bodentemperaturen stets tiefer als auf der rekultivierten Fläche. Die regelmäßige Mahd beeinflusst das Mikroklima auf REK erheblich. Die Tagestemperaturschwankungen sind besonders nach der Mahd auf REK wesentlich höher als auf SUK, wo sie im Laufe der Sukzession zunehmend geringer werden. Somit besitzt SUK ein ausgeglicheneres, kühleres Mikroklima als REK. Das Mikroklima der beiden Flächen ist für den Untersuchungszeitraum von 1980 bis 1982 in Abb.4 dargestellt, die der Arbeit von SCHRIEFER (1984) entnommen ist (verändert).

Neben der von der Sukzession und der Rekultivierung geprägten Entwicklung der mikroklimatischen Verhältnisse, ist die ausgeprägte Trockenperiode im Sommer 1982 von Interesse. In diesem Zeitraum fällt der Bodenwassergehalt unter den permanenten Welkepunkt. Dieser stellt für die Wanderungen der Bodentiere einen Schwellenwert dar. Derartig trockene Böden müssen, wie im ersten Teil der Arbeit dargelegt wurde, vor der Extraktion befeuchtet werden, um die Tiere effizient auszutreiben. Die Tiere können in verdichteten Abdeckschichten durch Trockenheit besonders in Mitleidenschaft gezogen werden, da sie sich nicht in tiefere, feuchte Bodenschichten zurückziehen können (LUFF & HUTSON 1977).

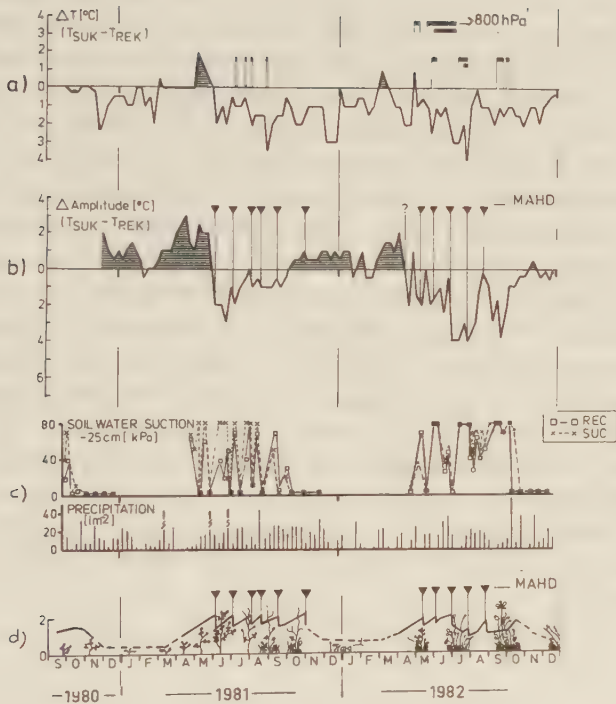


Abb.4: Die Entwicklung des Mikroklimas auf SUK und REK (1980-1982).

- Tagestemperaturunterschiede in 1cm Tiefe ($T_{\text{suk}} - T_{\text{rek}}$).
Die Balken indizieren Bodenwassersaugspannungen, 800 hPa, die Doppelbalken zeigen Perioden unterhalb des permanenten Welkepunktes ($pF > 4.2$) an (Werte für 0-25 cm).
- Unterschiede der Tagestemperaturamplitude ($dT_{\text{suk}} - dT_{\text{rek}}$) in 1 cm Tiefe. Pfeile=Mahdtermine.
- Der Verlauf der Bodenwassersaugspannung (Tensiometer) und der aktuellen Niederschlagsmenge.
- Sukzession der Phytozönose auf SUK (schematisch) und abgeschätzte Bestandesentwicklung auf REK mit den Einflüssen von Mahd, Sommer und Winter (SCHRIEFER 1984, verändert).

Die Bodenwärmeleitfähigkeit und somit die Bodentemperaturen werden vom Bodenwasserhaushalt mitbestimmt, der stark von den Besonderheiten des Standortes geprägt ist (kein Grundwasserschluß, kein entwickelter Boden). Wie die Lysimeterversuche von SCHRIEFER (1982, 1984) zeigen, ist der Sickerwasseranfall zu Beginn der Sukzession auf REK wesentlich höher als auf SUK. Dies ist auf das oberflächliche Fräsen von REK für die Ansaat zurückzuführen. Bodengefügeveränderungen und die Vegetationsentwicklung bewirken im Laufe der Sukzession eine Angleichung des Sickerwasseranfalls der beiden Flächen, und schließlich tritt im dritten Sukzessionsjahr auf SUK mehr Wasser aus.

Die Rasenfläche weist eine höhere Evaporationsrate auf als SUK. Dies und die sich im dritten Jahr abzeichnende Anpassung der tieferwurzelnden Sukzessionsvegetation an sommerliche Trockenheit ist eine der Ursachen der geringen Widerstandsfähigkeit von REK gegen Wassermangel im Vergleich zu SUK. Durch die hohe Evaporationsleistung der Rasenfläche und auf Grund der geschlossenen, niederwüchsigen Vegetationsdecke sind die Luftfeuchten der Bodenoberfläche und der obersten Bodenschichten auf REK höher als auf SUK, wie eigene Messungen zeigten (4.2). Die Bodensaugspannungsdaten belegen die höheren Bodenfeuchten von REK (Abb.4c).

3.4 Die Entwicklung der Bodenmikroflora.

Die Siedlungsdichte der Bodenmikroflora beeinflusst die Abundanzen der Bodenmesofauna z.T. direkt (Nahrung) oder indirekt (Aufbereitung von Nahrung) (CROSSLEY 1977b, VANNIER 1980, WALLWORK 1967).

Die Untersuchungen von SCHRIEFER (1984) zeigen, daß die über die Bodenatmung abgeschätzte Entwicklung der Mikroflora während der ersten drei Jahre auf beiden Flächen gleiche zunehmende Tendenz hat. VOLLMER & GEFKEN (1985) hingegen stellen in den Initialphasen der Sukzession eines 1982 analog eingerichteten REK1/SUK1-Experiments auf der Deponie innerhalb des ersten halben Jahres auf REK1 eine schnellere Entwicklung einer adaptierten Bodenmikroflora als auf SUK1 fest. Dies wird auf das bessere Nahrungsangebot und einen höheren Mesofaunabesatz der Rasenfläche zurückgeführt.

Die Aktivität der Bodenmikroflora wird von der Bodentemperatur statistisch signifikant beeinflusst und von der Bodenfeuchte deutlich, aber statistisch nicht absicherbar (MATHES & SCHRIEFER i.Dr.). Nährstoffzusatz (Glucose) hat in Laborexperimenten einen deutlich steigernden Effekt auf die Aktivität der Bodenmikroflora, so daß in den untersuchten Böden wohl suboptimale Substratverhältnisse vorliegen (GEFKEN 1983). Kurzfristig wechselndes Klima oder hohe Temperaturen können Nährstoffe freisetzen (BAWEJA 1936). Das somit verbesserte Substrat kann dann analog den Laborexperimenten von GEFKEN (l.c.) innerhalb von ca. 20 Tagen (DOMSCH mündl.) zu Populationsexplosionen der Mikroflora führen. Da auf REK die Temperaturamplitude wesentlich höher ist als auf SUK (Abb.4), wäre dies eine Alternativhypothese zu obiger Begründung der schnellen Entwicklung der Bodenmikroflora auf REK1, zumal der Mesofaunabesatz wohl eher eine Folge des mikrobiellen Populationswachstums ist (s.o.).

4. Ergebnisse der Untersuchungen des Abiozöns

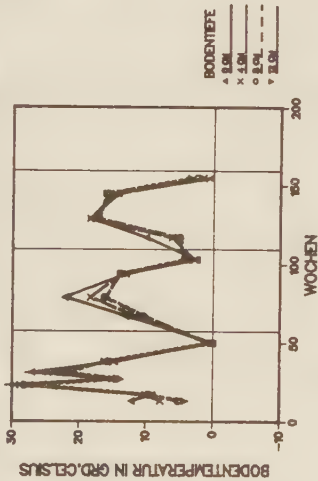
4.1 Die aktuellen Bodentemperaturen im Zeitverlauf

Parallel zu den von SCHRIEFER durchgeführten kontinuierlichen mikroklimatischen Aufzeichnungen wurden punktuelle Bodentemperaturmessungen unmittelbar neben den Probeentnahmestellen an der Bodenoberfläche und in den Tiefen 4, 8 und 12 cm durchgeführt. Auch diese Messungen belegen, daß die Temperaturen auf REK etwas höher als auf SUK sind (Abb.5). Aus Abb.5a wird deutlich, daß die Probenahme im Sommer 1981 (79.Woche) von einer starken Temperaturschichtung gekennzeichnet ist. Die Temperaturen sind auf REK an der Bodenoberfläche sowie in den gemessenen drei Bodentiefen gleich oder höher (im Sommer) als auf SUK. Die Sukzessionsvegetation wirkt als Sonnenschirm. Dies wird auch daran deutlich, daß die Maximalwerte aller Temperaturmessungen bei der Probenahme der Pionierphase auf der vegetationsfreien Sukzessionsfläche erreicht werden (Abb.5b). Bei punktuellen Messungen wurden im April 1980 bei dunklen Böden an Sonnentagen sogar Oberflächentemperaturen bis zu 60°C gemessen. Eine Abnahme des durch die Bestandesstruktur hervorgerufenen Unterschiedes im Sukzessionsverlauf ist nicht festzustellen.

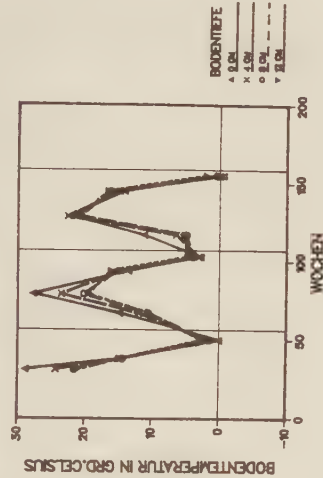
Detaillierte Messungen im Zusammenhang mit Feuchteuntersuchungen (4.2) an vier aufeinanderfolgenden spätsommerlich trockenen Septembertagen 1982 (Abb.7) zeigen, daß ein taufeuchter Rasen auch kühlende Wirkung haben kann. Die Temperaturamplitude ist in 1cm Tiefe und an der Bodenoberfläche der Vergleichsfläche SUK1 (eine reine Hochstaudenflur aus *Chenopodium album*) größer als auf der Rasenfläche, was auf das völlige Fehlen eines Unterwuchses zurückzuführen ist. Die Sukzessionsvegetation von SUK1 fing den gesamten Tau ab, bevor er den Boden erreichte, der bis in einige cm Tiefe völlig trocken war. SCHRIEFER (1984) stellte fest, daß 1981 im Melilotus-Bestand auf SUK infolge der hohen Interzeptionsverdunstung Niederschläge unter 3l/m² den Boden nicht mehr erreichten (Regenschirmeffekt). Diese Wirkung hat der *Chenopodium*-Bestand in ausgeprägtem Maße.

BODENTEMPERATUREN IM ZEITVERLAUF

BODENTEMPERATUREN IM ZEITVERLAUF, SUK



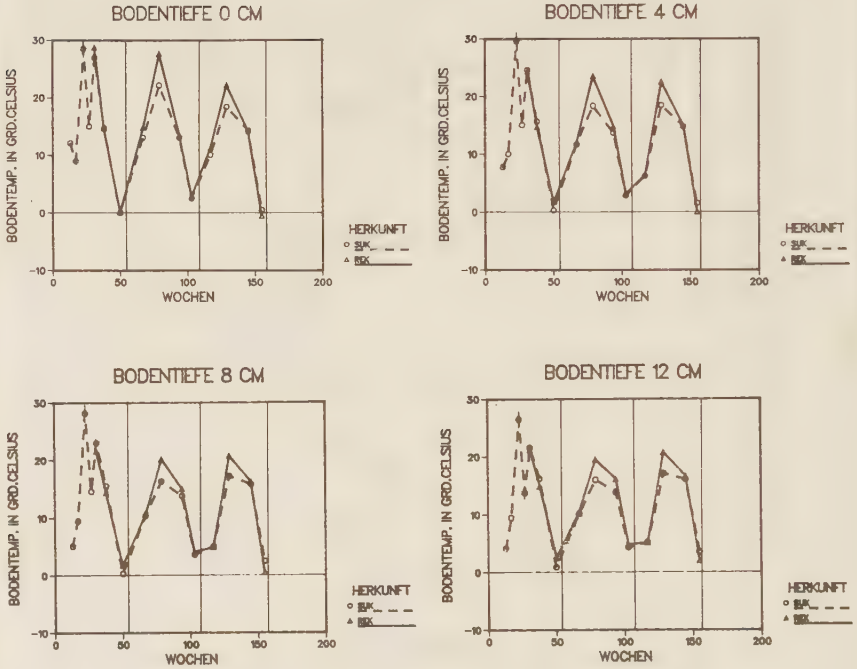
BODENTEMP. IN GRD. CELSIUS



1980 1981 1982

Abb.5a: Temperaturverlauf auf SUK und REK, jeweils in den Tiefen 0, 4, 8, 12 cm.

BODENTEMP. VON SUK UND REK IM ZEITVERLAUF



1980

1981

1982

1980

1981

1982

Abb.5b: Gegenüberstellung der Temperaturverläufe aus den Tiefen
 0, 4, 8, 12 cm von SUK und REK.

4.2 Die aktuelle Bodenfeuchte im Zeitverlauf

Der in Abb.6 dargestellte Verlauf der Bodenfeuchten in den verschiedenen Bodentiefen der beiden Flächen zeigt im Einklang mit den Ergebnissen von SCHRIEFER (1984)(3.3), daß REK außer im Winter 1980 deutlich feuchter ist als SUK. Die hohe Bodenfeuchte von SUK im Winter 1980 ist auf Schnee zurückzuführen, der im Hochstaudenbestand wesentlich langsamer vom Wind verblasen wurde als auf der offen liegenden Rasenfläche. Der höhere Wassergehalt des Bodens von REK ist z.T. eine Folge seines höheren Gehaltes an organischer Substanz. Doch spielt der in 4.1 angesprochene Regenschirmeffekt der Hochstaudenflur sicherlich eine nicht unbeträchtliche Rolle, besonders bei geringen Niederschlagsmengen und hoher Luftfeuchtigkeit. Im Vergleich zu den Umlandböden (2.Teil,3.1) ist der Deponieboden sehr trocken. Im Gegensatz zum Sickerwasseranfall (3.3) ist keine Angleichung der Bodenfeuchten der beiden Flächen erkennbar.

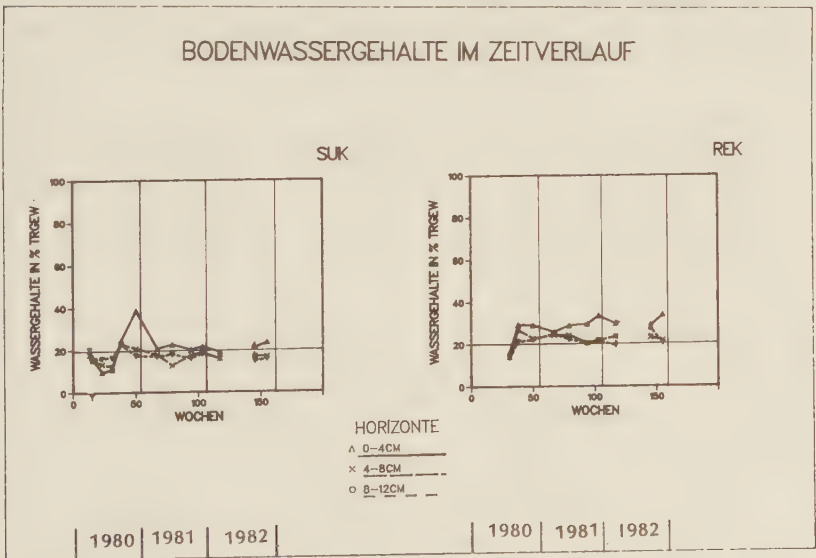


Abb.6a: Der Verlauf der Bodenfeuchte (% von m_x) in den Schichten 0-4, 4-8, 8-12 cm von SUK und REK (die fehlenden Meßwerte Sommer 1982 beruhen auf einem Waagendefekt).

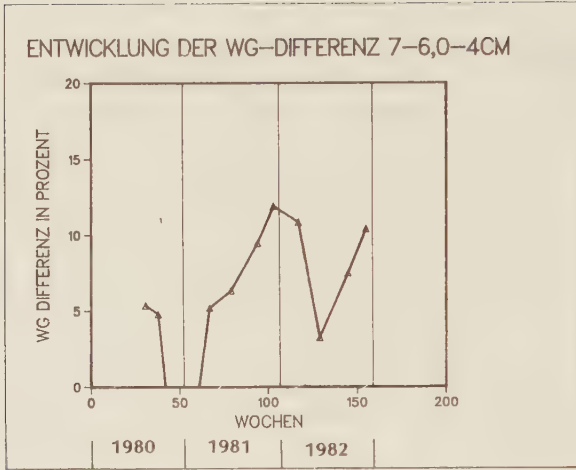


Abb.6b: Die Bodenfeuchte von SUK und REK, 0-4 cm Tiefe, im Vergleich (REK - SUK, % von m_x).

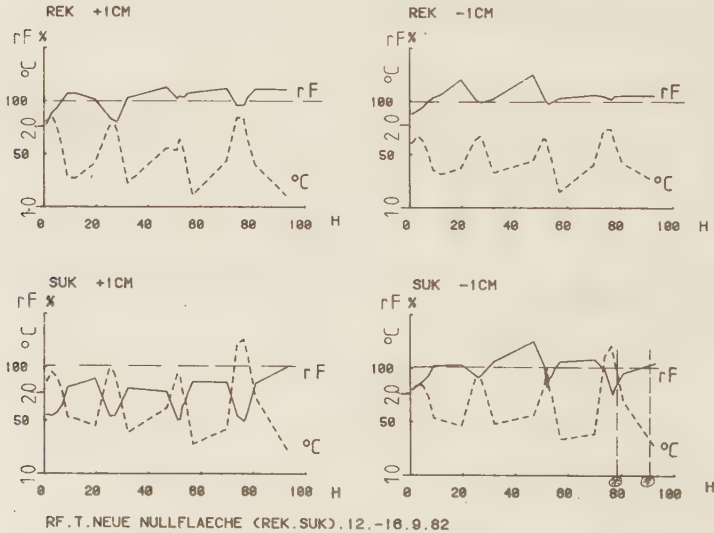


Abb.7: Relative Luftfeuchte und Temperatur der Bodenoberflächen einer rekultivierten und einer Sukzessionsfläche während vier Tagen (Zeitachse in Stunden). ⊗ Zeitpunkt der gravimetrischen Wassergehaltsbestimmungen.

Die auf der 1982 eingerichteten REK1/SUK1-Experimentalfläche durchgeführten Temperatur und Luftfeuchtigkeitsmessungen (Abb.7) verdeutlichen außer dem Regenschirmeffekt der Hochstaudenflur und der kühlenden Wirkung des feuchten Rasens auch die Problematik der gravimetrischen Wassergehaltsmessungen. Der Wassergehalt der direkt von der Bodenoberfläche genommenen Bodenproben spiegelt nicht den durch die rF-Messungen belegten deutlichen Tagesgang von SUK1 +1cm wider. Deutlich werden aber die Unterschiede zwischen REK1 und SUK1, indem der Boden der Rasenfläche höhere Wassergehalte aufweist als SUK. Das Überschießen der rF-Messungen über 100% kommt durch Beschlagen der Sensoren bei Taufall zustande.

Die Befunde belegen den modifizierenden Einfluß der Bestandesstruktur auf das Mikroklima ,auf die Luftfeuchte an der Bodenoberfläche und auf die Bodenfeuchte. Die Sukzessionsvegetation verursacht im allgemeinen eine Dämpfung der mikroklimatischen Amplitude, allerdings bei trockeneren Bodenverhältnissen. Die schützende Pflanzendecke auf REK kann infolge extremer Trockenheit gelichtet werden, wodurch die mikroklimatischen Verhältnisse drastisch verschlechtert werden. Diese ungünstigen Bedingungen beschränken sich auf extreme Trockenperioden.

5. Ergebnisse der zoozöologischen Untersuchungen

Die Abundanzlisten 0-12 cm finden sich im Anhang B1 und B2.

5.1 Erstbesiedlung der Deponieabdeckschicht

Die erste Rasterprobenahme diente der Erfassung derjenigen Tiere, die den Abtrag der oberen Bodenschicht und die Planierung überlebt hatten. Zu diesen gehören Collembolen, Milben und von diesen besonders die kleinen Oribatiden (Oppia-Arten), die den Lebensraum aber vorerst nicht erobern können (s. Anhang Tabelle 1). Von den Gamasina wird der Tiefenbewohner *Rhodacarellus silesiacus* gefunden, der von Anfang an eine Population aufbauen kann.

Die zweite bis vierte Probenahme kurz nach Beendigung der Planierung waren als Transekte angelegt, um die Einwanderung der Mesofauna vom Deponierand zu studieren (Abb.2a). Aus Abb.8 geht hervor, daß sowohl der Deponierand wie auch die in der Mitte der Deponie liegende Altfläche Ausgangsareale der Besiedlung sind. Schon die zweite Probenahme 6 Wochen nach t_0 zeigt, daß über die gesamte erfaßte Fläche verstreute Besiedlunginseln entstanden sind, die mit der aufkommenden Vegetation (Nahrung) und günstigen Hohlraumverhältnissen (Lebensraum durch punktuelle geringere Verdichtungen) im Zusammenhang stehen. Ebenso auch die dritte Probenahme (Abb.9). Diese Aussagen können nur Trends angeben, da bei den geringen Siedlungsdichten wesentlich größere Stichprobenumfänge notwendig wären. Auch ist das räumliche und zeitliche Raster sehr grob.

In den Proben dieses Pionierstadiums werden Collembolen, Gamasina, Nanorchestidae, Tyroglyphidae, sonstige Milben, Dipterenlarven und einige wenige Enchytraeen gefunden (Anhang B 1). Nur bei der ersten Probenahme sind die Collembolen in der Überzahl. Zu der allein herrschenden Gamasina-Art *R.silesiacus* gesellt sich ab der 12. Woche nach t_0 (23.W.) *Arctoseius cetratus* (Anhang B 2). Diese beiden Arten dominieren die Gamasina-Synusie bis zur 27. Woche nach t_0 (38.W.), in der dann *Sejus necromiger* und *Rhodacarus anconae* als Subdominante hinzukommen. Das Dominanzverhältnis von *A.cetratus* / *R.silesiacus* beträgt bei beiden Probenahmen ca. 1:1. Die typischen Oberflächenbewohner und phoretischen Besiedler (Pergamasus-Arten) lassen noch auf sich warten.

Die eigentliche, im Mai von Trockenheit betroffene Phase der Primärbesiedlung endet mit der Ansiedlung von *A.cetratus*, als die Phytocönose zu einer Ackersenf-Kamillenflur mit 10% Deckungsgrad aufblüht (9.6.80), die stellenweise von sich aus Rhizombruchstücken regenerierten Ackerkratzdisteln (*Cirsium arvense*) dominiert wurde (MÜLLER mündl., Abb.3). Mit dem Aufkommen von Steinklee (*Melilotus alba*) erfährt die Collembolen-Population einen rasanten Aufschwung (von 1500 auf über 10 000 Ind/m²), der mit der Probenahme 4.5 Monate nach t_0 (31.W.) dokumentiert werden konnte. Das Milben-Collembolen-Verhältnis erreicht einen ähnlich tiefen Wert wie bei der ersten Probenahme (Anhang B 1). Denn die Acari-Population zeigt zu diesem Zeitpunkt noch keine zunehmende Tendenz, schnell aber während der folgenden 6 Wochen von knapp 5000 auf ca. 44 000 Ind/m².

Die Abundanz der Collembola der 38.Woche SUK ist noch niedrig im Vergleich zu den ca. 30 000 Ind/m² (0-4 cm) im Nov. 1979, während die Siedlungsdichte der Acari der von 41 000 Ind/m² (0-4 cm) im Nov. 1979 gleicht (Teil 2, 3.2). Die Populationen von *R.silesiacus* und *A.cetratus* haben eine Zuwachsrate von ca. 20, die Artenzahl steigt von 2 auf 4 (s.o.). Die Zuwachsrate (N_t/N_{t-1} , 38./31. Woche) wird während des gesamten Untersuchungszeitraumes nicht mehr erreicht. Der Deckungsgrad der Vegetation beträgt mittlerweile über 50%.

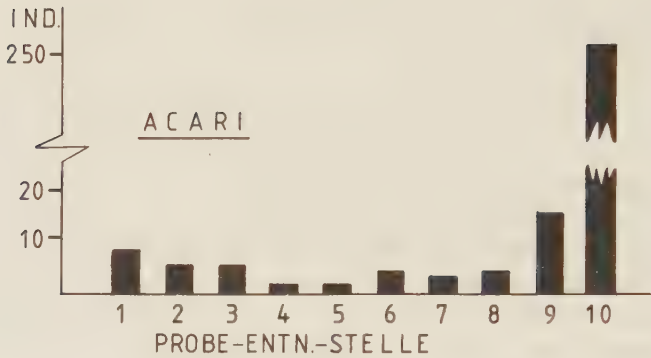


Abb.8: Die Besiedlung der Deponie durch Acari, 0-4 cm, 8.4.1980.
Die Numerierung der x-Achse entspricht den Nr. in Abb.2a.

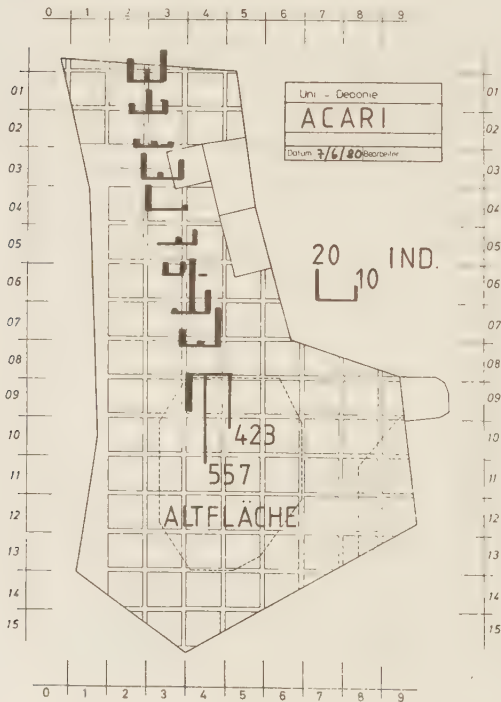


Abb.9: Die Anfangsphase der Sukzession der Acari-Synusie;
0-4 cm, 7.6.80, Ind./Probe (25 cm², 100cm³).

Die erste Probenahme zeigte, daß wenige Tiere im planierten Boden lebten. Gamasina wurden überhaupt nicht gefunden. Dem etwaigen Vorhandensein dormanter oder überdauernder Stadien wurde in Laborversuchen nachgegangen. Aus Boden, der offen in einem Raum ohne direkten Außenkontakt (Klimaanlage) bis zum Auflaufen der pflanzlichen Diasporen in Pflanzschalen (50 x 30 x 10cm) verblieb, wurden 62 800 Milben und 9 600 Collembolen (Ind/m^2) extrahiert (errechnet aus einer Stichprobe von 18 Proben à 100cm^3 , 0-4cm). Die Gamasina-Synusie mit *Lasioseius fimeorum* als eudominanter und *Hypoaspis claviger claviger*, *Sejus borealis* und *Rhodacarellus silesiacus* als subdominanten Arten unterscheidet sich von der auf der Deponie gefundenen (5.3.1; 2.Teil, 3.3). In einem später durchgeführten Versuch, bei dem die Pflanzschalen in einem kleinen Plastikzelt mit gefiltertem Luftzutritt und gesicherter Wasserversorgung aufbewahrt wurden, konnten außer einigen Enchytraeiden nur vereinzelt Bodentiere ausgetrieben werden. Demnach spiegeln die oben beschriebenen Befunde wohl die Laborfauna wider, die sich in dem ausgeglichen klimatisierten Raum sehr gut entwickeln konnte (s. 4.Teil).

Die Befunde belegen, daß sich ausgehend von einer geringen Primärbesiedlung innerhalb von 6 Monaten eine ansehnliche Mesofaunapopulation mit über $50\,000\text{ Ind}/\text{m}^2$ etablieren konnte. Die Tiere sind nur in geringem Ausmaß mit dem Abdeckmaterial eingeschleppt und besiedeln die Fläche wahrscheinlich überwiegend aeronautisch. Die Populationsexplosionen fallen zeitlich zusammen mit der Ausbildung eines Deckungsgrades der Phytocönose von 50%. Erstbesiedler (erste Probenahme auf SUK) sind die Arthropleona, Gamasina, Oribatei, Tyroglyphidae und die unter Sonstige zusammengefaßten Milben. Diese Gruppen sind in allen folgenden Probenahmen ebenfalls vertreten (Tyroglyphiden fehlen in der 31. Woche). Die Sukzession der Gamasina-Synusie beginnt mit einer reinen *R.silesiacus*-Population, die mit dem stärkeren Aufkommen der Vegetation in eine *R.silesiacus*-*A.cetratus*-Synusie übergeht.

5.2 Die Sukzession der Mesofauna: Gruppen

Die Sukzession der mit Hilfe der MACFADYEN-Extraktion erfaßten Tiere ist in den Abbildungen 12-14 dargestellt. In den Graphen sind die Collembolen als Arthropleona + Symphypleona angetragen. In den Kreisdiagrammen sind sie nach Arthropleona und Symphypleona getrennt. Die Milben sind zum einen insgesamt und zum anderen in Gamasina, Cheyletidae, Nanorchestidae, Tyroglyphidae, Oribatei und Sonstige untergliedert dargestellt. Die Zusammenfassung der Proben zu Jahreswerten besitzt eine biologische Grundlage, da die phytozönotischen Assoziationen sich in dieser frühen Sukzessionsphase ungefähr im Jahresrhythmus ändern (Abb.3).

Bei der Interpretation der im Folgenden präsentierten Abundanzkurven muß man sich die Besonderheiten des ihnen zu Grunde liegenden Datenmaterials vergegenwärtigen. In Ergänzung der Diskussion der Datenbasis (2. Teil, 2.2, 4.1) ist in Abb.10 die Abundanzentwicklung der Acari (0-4 cm) auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt: als Punktwolken der Werte der Einzelproben, als deren arithmetische Mittelwerte und als deren Mediane. Die Ausprägung einzelner Peaks ist von der Wahl des Mittelwertes abhängig. (Zur Diskussion der verschiedenen Mittelwerte s. 2.Teil, 4.1.)

In Abb.11 sind die Verteilungen der Werte der Acari-Abundanzen (REK, 0-4 cm) von 1980 denen von 1982 gegenübergestellt. Es wird deutlich, daß der Erwartungswert der Abundanz zu Beginn der Sukzession gut durch ein geometrisches Mittel, der zu einer späteren Sukzessionsphase besser durch ein arithmetisches Mittel abzuschätzen wäre. Bei weniger abundanten Gruppen oder gar spärlich vertretenen Arten wird das statistische Problem noch größer. Unter Vermeidung jeglicher statistischer Aussagen, die mit einem arithmetischem oder geometrischen Mittelwert verbunden wären, veranschaulichen die Kurven daher und aus den in Teil 2, 4.1 dargestellten Gründen den biologisch interessierenden Sachverhalt der auf 1 m² standardisierten Abundanzentwicklung (hochgerechnete Summen).

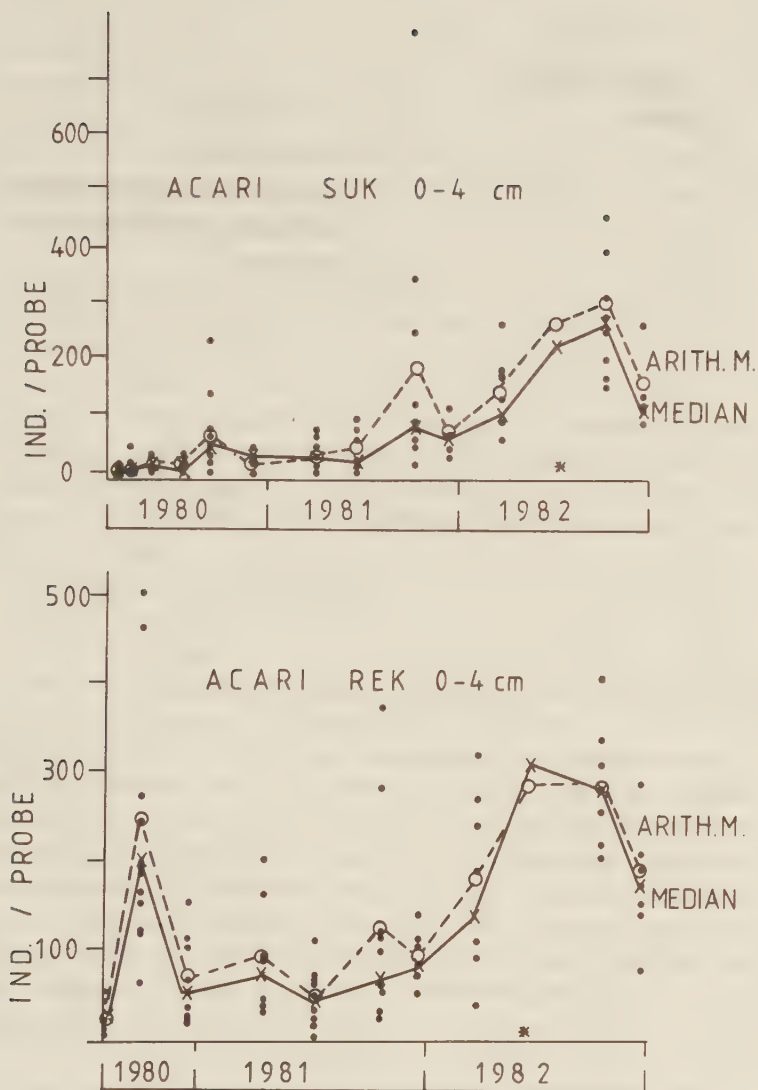


Abb.10: Darstellung der Einzelwerte, der arithmetischen Mittelwerte und der Mediane für die Abundanzwerte der Acari von SUK und REK, 0-4 cm Bodentiefe. *: Einzelwerte nicht ausgedruckt.

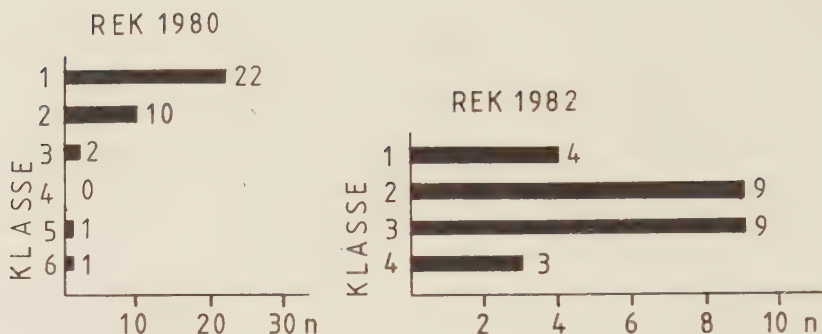


Abb.11: Verteilung der Abundanzwerte 0-4 cm der Acari aus REK.

1980: Frühe Sukzessionsphase, 1982: spätere Sukz.phase.

Klassengrenzen: 1:0-100; 2:101-200; 3:201-300; 4:301-400;

5:401-500; 6:501-600 (Ind/Probe, 25 cm², 100 cm³).

5.2.1 Die Besiedlung des gesamten Bodenprofils (0-12 cm)

Die Entwicklung der Lebensgemeinschaft von SUK unterscheidet sich wesentlich von der von REK. Während der ersten Monate erfolgt die Besiedlung der Sukzessionsfläche durch Milben ziemlich zögernd. Die Rekultivierungsmaßnahmen fördern jedoch die Besiedlung in großem Maße. Hier steigt die Abundanz der Acari binnen 12 Wochen auf 130×10^3 Ind/m². Das ist der Maximalwert der ersten beiden Sukzessionsjahre. SUK erreicht zum gleichen Zeitpunkt lediglich ein Jahresmaximum von 44×10^3 Ind/m². Die maximale Siedlungsdichte der Collembola ist im ersten Sukzessionsjahr auf REK mit 90×10^3 Ind/m² 10fach höher als auf SUK. Sie wird wie die der Acari auf beiden Flächen in der 38.Woche erreicht (Abb.12,13).

Bemerkenswert ist die hohe Siedlungsdichte der Protura auf REK von über 10 Tsd. Ind./m² (155.Woche), die laut NOSEK (1982) bislang nur selten gefunden wurde.

Auch die Enchytraeiden zeigen eine starke Entwicklung in der Anfangsphase, die wie bei den anderen Gruppen mit dem Auflaufen der Grasansaat auf REK und der Zunahme des Deckungsgrades auf SUK zusammenfällt (WEIDEMANN & KOEHLER 1985; die hier dargestellten Daten sind nicht quantitativ zu verstehen, s. 1. Teil, 3.2). Wie bei den Dipterenlarven liegen die Abundanzmaxima jeweils im Winter. Die Abundanzentwicklung der Coleopteren-Larven läßt auf der Gruppenebene keine Sukzessionsphasen erkennen.

Alle untersuchten Großgruppen der Mesofauna sind im ersten Sukzessionsjahr zumindest auf einer der beiden Flächen zu finden. Die durch Koinzidenz der Maxima der Abundanzen von SUK und REK deutlich werdende Steuerung der Populationsdynamik durch jahreszeitliche Faktoren ist unterschiedlich ausgeprägt. Die Abundanz der Collembolen und der Milben steigt auf SUK in typischen Wellenbewegungen an. Zum Teil werden die Jahresmaxima im Herbst beobachtet. Die r-Strategie der dominanten Collembola-Art(en) wird auf REK an den hohen Zuwachsraten deutlich (CROSSLEY 1977a).

Die Aufgliederung der übergeordneten Taxa zeigt, daß einige der Peaks nur durch die starke Entwicklung einer einzelnen Population hervorgerufen werden. So wird z.B. das Sommermaximum der Collembola auf REK ausschließlich durch die Symphypleona verursacht, wobei die Arthropleona-Abundanzen zurückgehen (SYMP: $N_{129}:N_{117} = 2.6$, ARTH: $N_{129}:N_{117} = 0.9$; die Zeit ist als Wochenzahl der Probenahme indiziert). Auf SUK hingegen steigt im gleichen Zeitraum sowohl die Arthropleona-Abundanz als auch die der niederabundanten Symphypleona (SYMP: $N_{129}:N_{117} = 2.5$, ARTH: $N_{129}:N_{117} = 2.7$). In ähnlicher Weise wird der Herbstpeak der Acari auf SUK von den Cheyletidae hervorgerufen. Dies soll genügen, um zu zeigen, daß die Abundanzschwankungen nicht auf einen jahreszeitlichen Faktor allein zurückzuführen sind und daß eine differenziertere Analyse scheinbar offensichtliche Zusammenhänge gegenstandslos werden läßt.

Bei den Milbengruppen ist ein höheres Ausmaß an Koinzidenz der Peaks der Abundanzkurven von REK und SUK festzustellen. Im Herbst 1980 wird von allen abundanten Gruppen auf beiden Flächen ein Maximum erreicht. Während der folgenden Jahre bewegen sich die Abundanzen der Gamasina zwischen 5 und 10×10^3 Ind/m², wobei die von REK meist etwas höher sind. Uropodina sind nur in geringer Anzahl

vertreten und sind im zweiten Sukzessionsjahr zunächst auf SUK und dann auf REK zu finden. Sie können auf keiner der Flächen eine dauerhafte Population aufbauen.

Bemerkenswert ist die Entwicklung der Oribatei-Synusien, deren Populationen sich erst im dritten Jahr entwickeln. Dies scheint weniger an der bekannten geringen Ausbreitungskapazität zu liegen (STREIT & ROSER-HOSCH 1982, KARG 1967), als an den Habitatsprüchen der Gruppe. Denn schon im Sommer des zweiten Jahres waren auf REK Abundanzwerte erreicht, die jenen glichen, von denen im dritten Jahr die Populationsexplosion auf SUK innerhalb von 4 Monaten ihren Ausgang nahm. Es ist zu erwarten, daß eine Population einen hohen Anteil an den Synusien besitzt und influente Arten fehlen (hohe Dominanzkonzentration, RUBCOVA 1973). Erstaunlich ist der plötzliche, rasante Abundanzzuwachs, der wohl auf die r-Strategie einer Art der sonst meist K-selektierten Oribatei zurückzuführen ist (CROSSLEY 1977 b)

Die Tyroglyphidae finden sich fast ausschließlich auf SUK. Auf REK werden sie nur in den ersten zwei Monaten nach Rekultivierungsende gefunden, als die Ansaat noch nicht voll aufgelaufen war. Auf SUK sind sie nach den Trockenzeiten des Sommers zu finden. Sie können sehr rasch Populationen hoher Abundanz aufbauen, wie auch die winzigen Nanorchestiden, deren Abundanzentwicklungen auf SUK und REK einen ähnlichen Verlauf nehmen. Sie erreichen auf REK jedoch wesentlich höhere Populationsdichten als auf SUK. Die räuberischen Cheyletiden sind besonders im Herbst-Winter 1981/82 (94. Woche) auf beiden Flächen zu finden.

Betrachtet man die Entwicklung der sonstigen, hauptsächlich prostigmaten Milben, so sind sie es, die den Abundanzverlauf der Milbensynusie bis auf den von Cheyletiden und Tyroglyphiden verursachten Herbst-Peak auf SUK bestimmen. Die Abundanzen der sonstigen Milben gleichen sich im Laufe des zweiten Sukzessionsjahres an.

Als stark zwischen SUK und REK differenzierend erweisen sich auf der Gruppenebene die Collembola, die Symphypleona, die Uropodina und die Tyroglyphidae. Dies wird auch aus Abb.14 deutlich, in der die Collembola und Acari-Gruppen jahrweise zusammengefaßt sind. Hier deuten sich bei beiden Flächen parallele Entwicklungen an: der Anteil der Arthropleona ist im zweiten Jahr am größten, der Anteil der Gamasina nimmt im Laufe der Jahre ab, während der der Oribatei zunimmt.

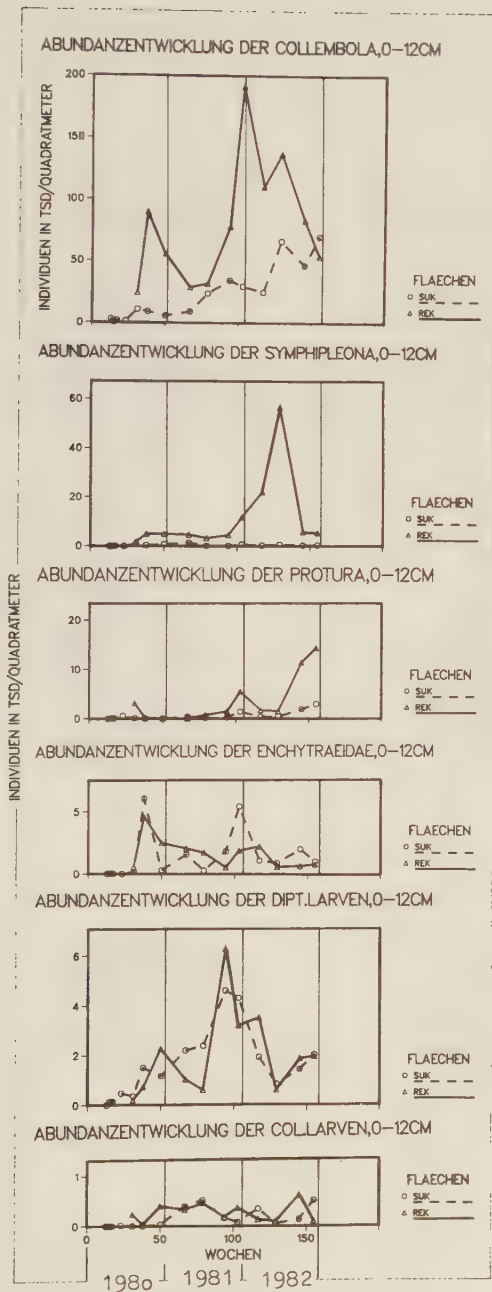
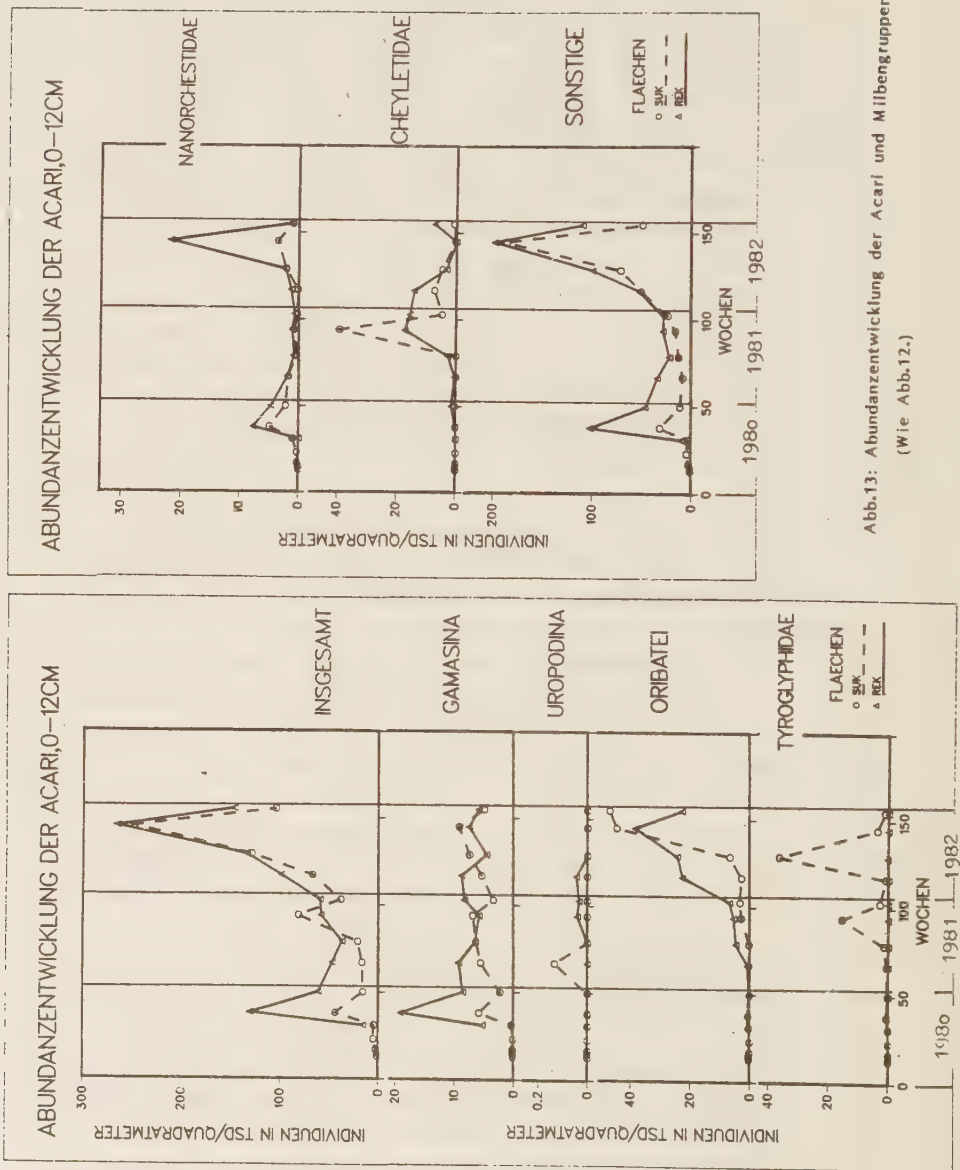


Abb.12: Abundanzentwicklung einiger Mesofauna-Gruppen.

Ind. in Tsd./m², 0-12 cm, März 1980 - Dez. 1982.



GRUPPENSPEKTREN VON SUK UND REK, 0-12CM, 1980, 81, 82

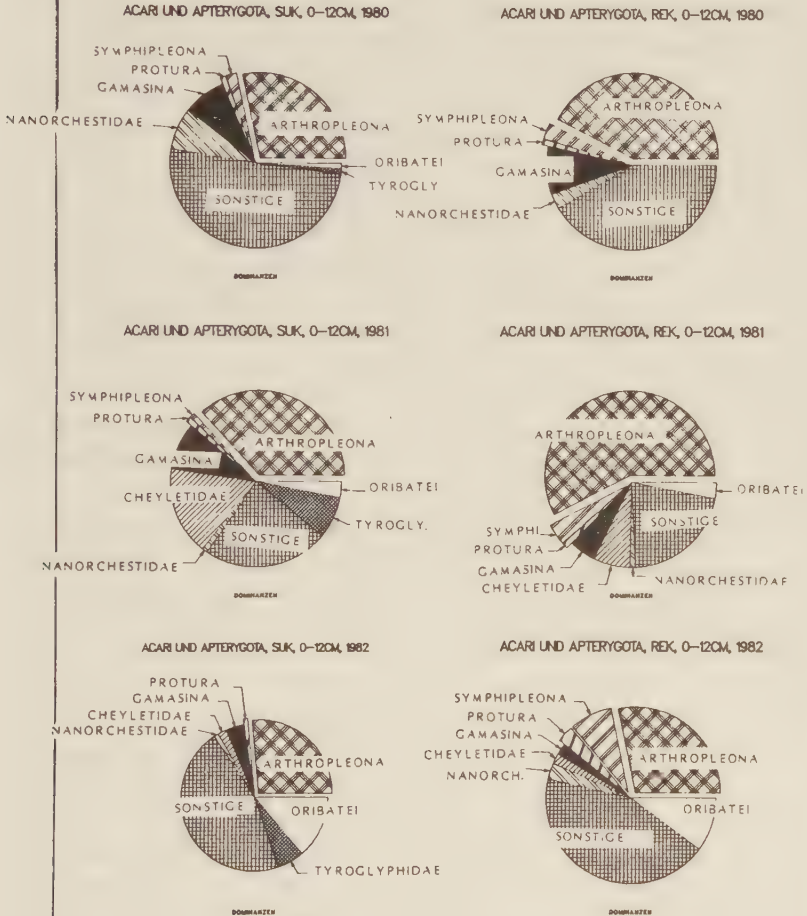


Abb.14: Relative Anteile der Apterygota- und Acari-Gruppen an der Summe der Abundanzen 0-12 cm von Apterygota + Acari, Jahresmittelwerte 1980-1982.

Der höhere Anteil der Gamasina am Gruppenspektrum ist typisch für frühe Sukzessionsphasen, die häufig stark ausgeprägte zoophage Populationen besitzen (ODUM 1969).

Die geschilderten Befunde zeigen, daß auf der Ebene der erfaßten Mesofauna-Gruppen auf beiden Flächen eine deutliche Sukzession festzustellen ist. Insbesondere die Populationen der Symphypleona, der Oribatei und der Cheyletidae entwickeln sich erst in späteren Sukzessionsphasen. Die zeitliche Entwicklung der Abundanzen auf SUK ist bei Milben und Collembolen kontinuierlich mit wellenförmigen Peaks. Die Rekultivierungsmaßnahme beeinflußt sowohl die Anfangsabundanzen als auch den Sukzessionsverlauf und das Gruppenspektrum. Die Rekultivierungsmaßnahmen fördern die Ansiedlung der Bodenorganismen.

Die stürmische Entwicklung der Initialphase ist auf die Freisetzung von Nährstoffen zurückzuführen, die durch die Freilegung der Flächen bewirkt wird (s.6.2). Eine Zunahme des Gehalts an organischer Substanz des Bodens ist erst nach drei Jahren nachweisbar (Tab.2), doch ist durch Augenschein die größere Durchwurzelung der oberen Bodenschicht auf REK offensichtlich. Die durch das Fräsen verursachte mechanische Bodenveränderung, die an der im Vergleich zu SUK geringeren Bodenscherfestigkeit und dem großen Anteil an Poren $> 300 \mu\text{m}$ 0-5 cm deutlich wird, stellt eine Verbesserung des Lebensraumes für die Bodentiere dar (Tab.2,3). Diese günstigeren Lebensbedingungen (Mikroklima, Nahrung, Lebensraum) sind wohl eher als Ursache der verstärkten Abundanzentwicklung anzusehen, als eine direkte Assoziation von Tieren und Pflanzen.

5.2.2 Die Sukzession der Gruppen in den einzelnen Bodenschichten

Die Aufgliederung der in den Abb.12 und 13 dargestellten Abundanzkurven nach den Bodenschichten 0-4, 4-8, 8-12 cm zeigt, daß die Besiedlung der tieferen "Horizonte" auf SUK sukzessive erfolgt, während sie auf REK schon am Anfang auch die tieferen Schichten erfaßt (kumulative Darstellung: untere Kurve 8-12 cm, mittlere 4-12 cm, obere 0-12 cm). Wie in 5.3.3 und 5.4 dargestellt wird, können die tieferen Schichten zum Anfang der Sukzession von einigen Gruppen/Arten früher besiedelt werden, als die oberen (§.5.4). Die Lockerung des Bodens durch die Rekultivierungsmaßnahme erleichtert die Eroberung der tiefen Bodenschichten auf REK.

Starke Populationsentwicklungen finden meist in der oberen Bodenschicht statt. Reine Bewohner des oberen Hemiedaphons sind die Symphypleona und in starkem Maße die Insektenlarven. Die Protura sind fast ausschließlich in den unteren Bodenschichten bis 12 cm Tiefe zu finden, im Gegensatz zu den von NOSEK (1982) referierten Befunden, die die Protura überwiegend als Oberflächenbewohner ausweisen (Abb.15). Die Sukzession der Acari insgesamt spielt sich auf SUK hauptsächlich im oberen "Horizont" ab (Abb.16). Im dritten Jahr werden von den sonstigen Milben auch verstärkt die tieferen Schichten besiedelt. Auf REK ist von Anfang an eine höhere Wohndichte der Bodentiefe zu verzeichnen. Die Uropodina, Oribatei, Tyroglyphidae und Cheyletidae treten fast ausschließlich im oberen "Horizont" auf, die Nanorchestidae haben ihren Siedlungsschwerpunkt in 4-8 cm Bodentiefe und die Gamasina sind auf SUK zu Anfang und dann in langsam zunehmendem Maße in der Tiefe zu finden, wo sie auf REK während der drei Untersuchungsjahre zu einem relativ gleichbleibenden Prozentsatz leben.

Der trockene Sommer 1982 kann auf SUK die Ursache des starken Rückgangs der Wohndichte der Gamasina der oberen Bodenschicht sein. Diese Argumentation trifft jedoch für REK nicht zu, wo die Synusie trotz der starken Trockenschäden der Vegetation und des niedrigen Bodenwassergehaltes unter PWP nur eine geringe Vertikalverlagerung vollzieht. Die Witterungsverhältnisse können also nicht als einziger Faktor für die Ausbildung bestimmter Vertikalverteilungsmuster verantwortlich gemacht werden.

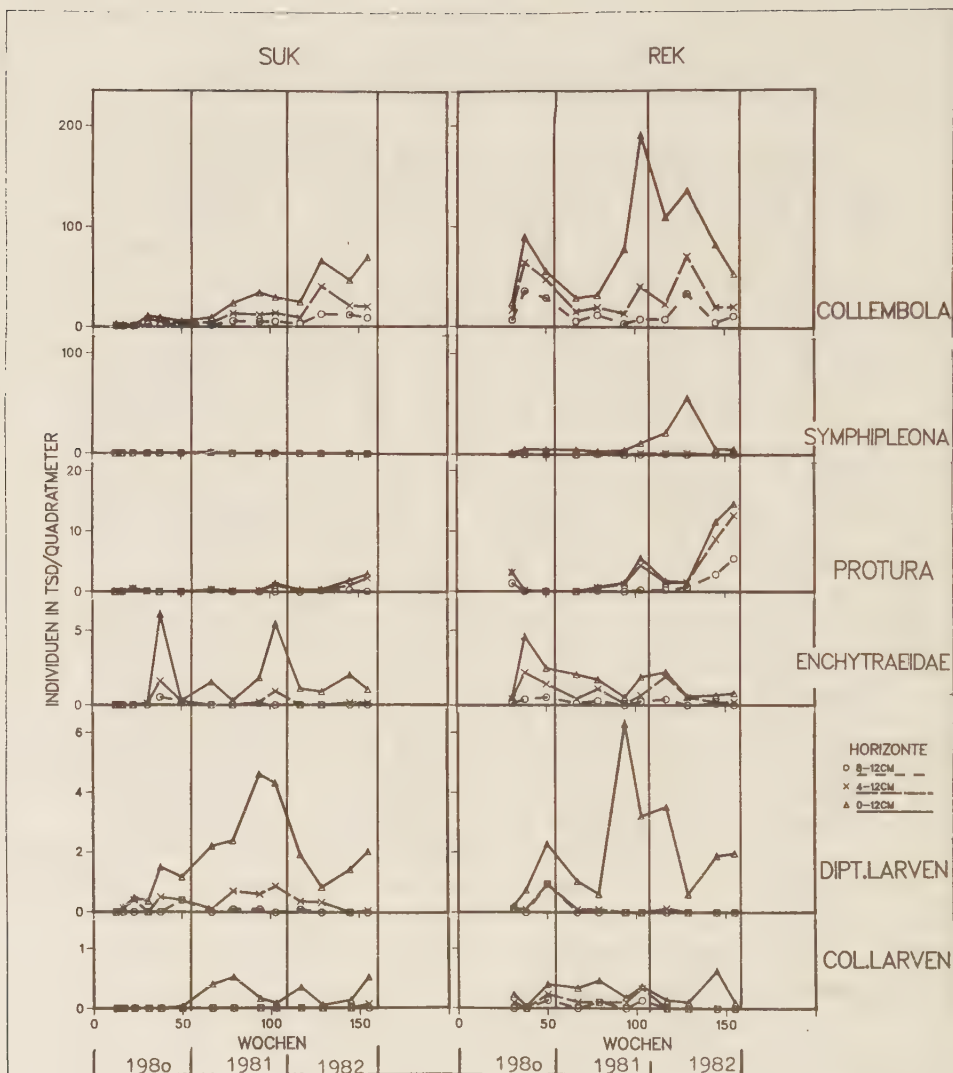


Abb.15: Abundanzentwicklung der Mesofauna-Gruppen ,
nach Bodenschichten 0-4, 4-8, 8-12cm aufgegliedert,
Ind. in Tsd./m², März 1980 - Dez. 1982.

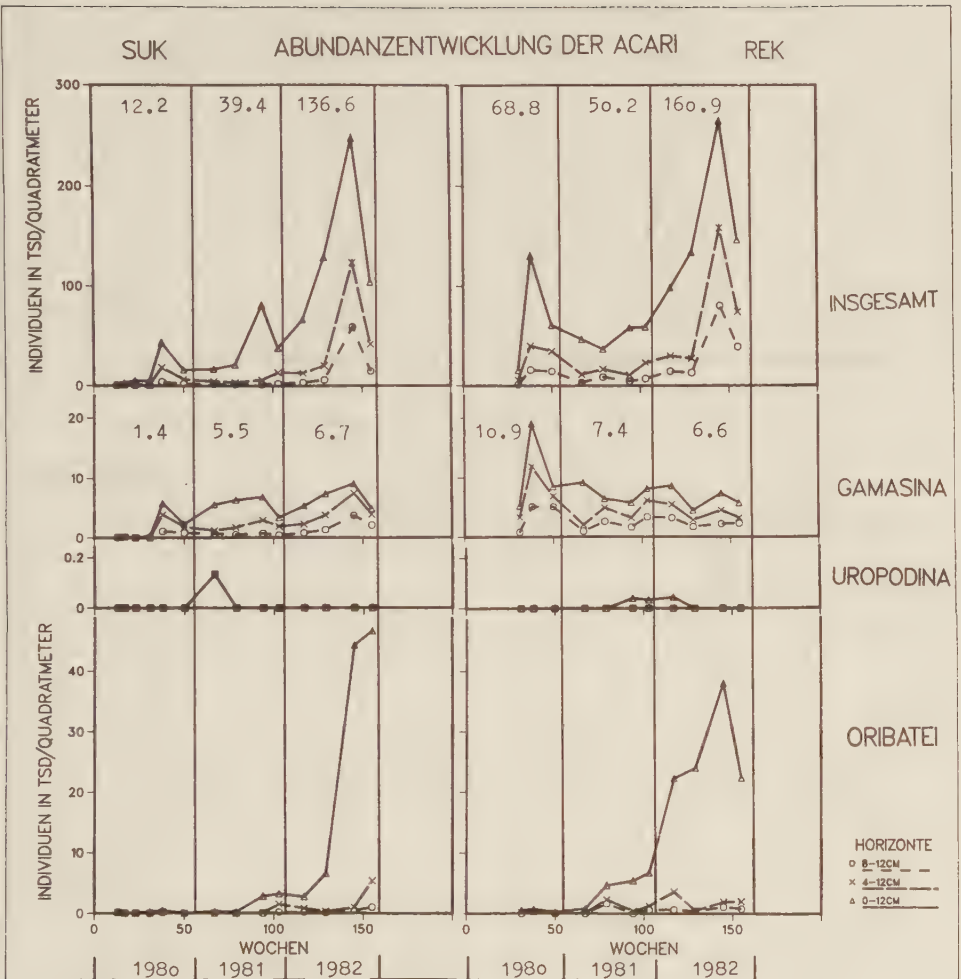


Abb.16a: Abundanzentwicklung der Milbengruppen, nach Bodenschichten untergliedert (s. Abb.15). Die eingetragenen Werte stellen die mittleren Jahresabundanz 0-12cm (Ind/m²) dar.

SUK

ABUNDANZENTWICKLUNG DER ACARI

REK

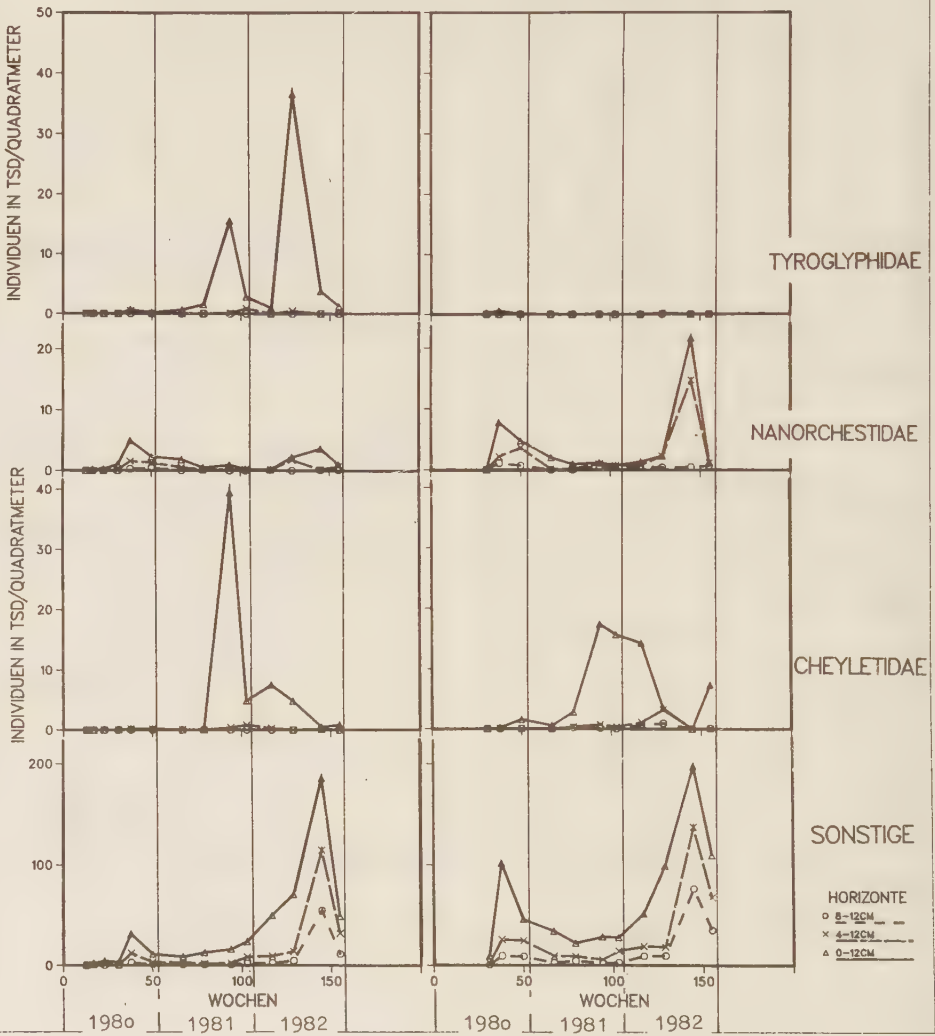


Abb.16b: Abundanzentwicklung der Milbengruppen, nach Bodenschichten untergliedert (s. Abb.15).

5.2.2.1 Die Entwicklung der Abundanzdifferenz REK-SUK

Betrachtet man die Abundanzdifferenzen (0-4 cm) REK-SUK (Abb.17), so fällt die Ähnlichkeit des Verlaufs der Kurve für die Acari (insgesamt) mit der der Gamasina auf. Eine Koinzidenz der Peaks ist aber nur bis zur ersten Probenahme des Jahres 1980 festzustellen. Es besteht also keine phänologische Ähnlichkeit. Die Kurven stellen vielmehr den Angleichungsprozeß der entsprechenden Abundanzen der beiden Flächen an eine offensichtlich vergleichbare Siedlungsdichte (0-Linie) dar. Die Befunde der Untersuchungen der folgenden Sukzessionsjahre werden dazu dienen, diese Hypothese zu prüfen. Bei den Collembola ist keine derartige Gleichgewichtsdichte festzustellen. REK ist, bis auf Ende 1982, dichter besiedelt als SUK. Einen dramatischen Verlauf nimmt die Entwicklung der Differenzkurve der Oribatei: zunächst bildet sich auf REK eine wesentlich stärkere Population aus als auf SUK. Der Abundanzrückgang auf REK bei gleichzeitigem starken Anstieg auf SUK (Abb.12) verursacht die große Differenz Ende 1982. Auch hier kann man wie bei den Acari und den Gamasina eine zukünftige Angleichung der Flächen in Form einer gedämpften Schwingung erwarten.

Die Abundanzunterschiede (0-4 cm) von REK und SUK wurden mit dem MANN-WHITNEY-U-Test auf Signifikanz geprüft. Signifikante Unterschiede auf dem $P < 5\%$ -Niveau sind in Abb.17 als *, die auf dem $P < 1\%$ -Niveau als ** gekennzeichnet. Die zunehmende Zahl der nichtsignifikanten Unterschiede im Zeitverlauf bei den Abundanzdifferenzen der Acari und Gamasina zwingt zur Annahme der Alternativhypothese, die unter der angenommenen Wahrscheinlichkeit besagt, daß die Daten aus derselben Grundgesamtheit stammen, d.h., die festgestellten Abundanzunterschiede von SUK und REK sind nicht mehr signifikant.

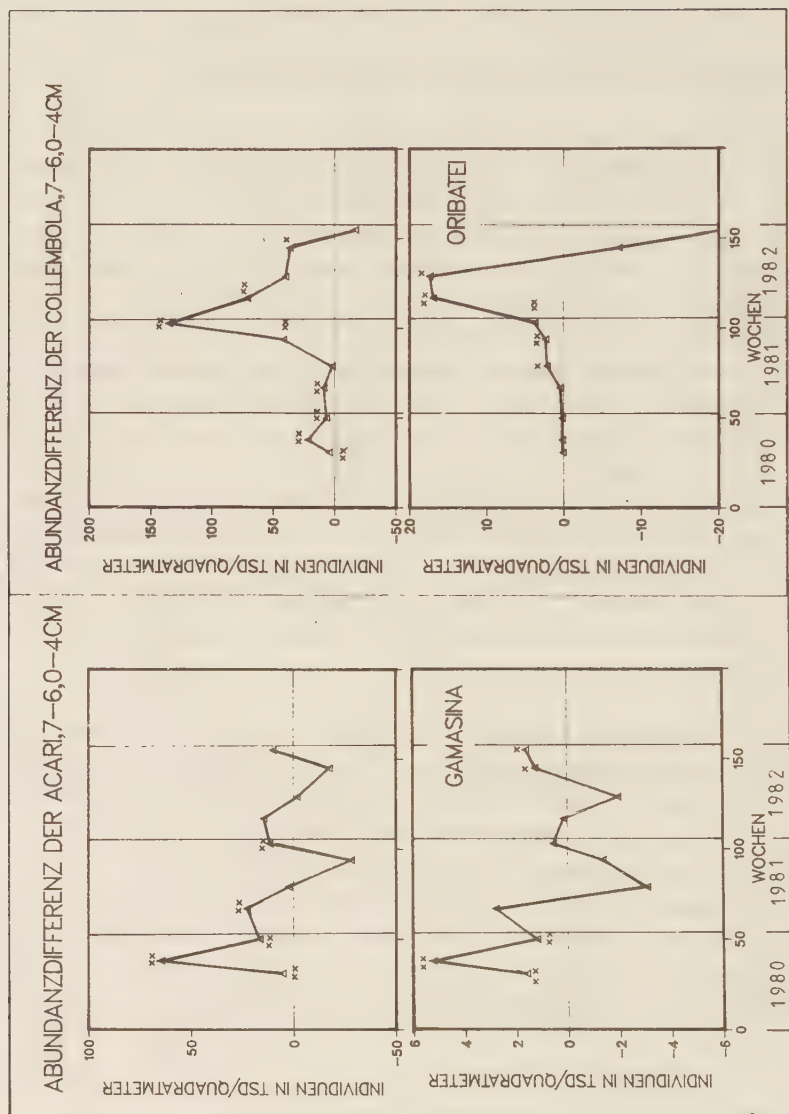


Abb.17: Die Entwicklung der Abundanzdifferenzen einiger Gruppen,
REK-SUK, 0-4 cm, Ind./m²; * Signifikant bei $P < 5\%$, ** $P < 1\%$.

5.2.2.2 Der Einfluß externer und interner Faktoren auf den Sukzessionsverlauf

Aktuelle klimatische Ereignisse können nicht schlüssig in Zusammenhang mit der beobachteten Abundanzentwicklung gebracht werden. Die relativ lange ontogenetische Entwicklung der meisten Bodentiere läßt auch eine Korrelation mit Klimadaten, die eine gewisse Zeit vor der Probenahme gemessen wurden, wenig sinnvoll erscheinen, ein Verfahren, das sich bei der Betrachtung der Abundanzdynamik der Mikroben als brauchbar herausstellte (GEFKEN 1983).

Die in 5.2.2.1 aufgezeigten Unterschiede der Gruppenabundanzen wurden mit den in Abb.5b dargestellten Wassergehalts-Differenzen korreliert. Die Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle 5 aufgelistet. Lediglich für die Collembola läßt sich ein schwacher Zusammenhang der biotischen Unterschiede mit der Differenz des prozentualen Wassergehalts nachweisen. Die negativen Zusammenhänge haben keinen biologischen Sinn.

Der Versuch, Räuber-Beute-Beziehungen zwischen Gamasina und Collembola im Sukzessionsverlauf über die PEARSON-Korrelation nachzuweisen, schlug fehl (Tabelle 5). Dies ist auf die differenzierten Zusammenhänge der Räuber-Beute-Verhältnisse zurückzuführen, wie beispielhaft von HARRIS & USHER (1978) für die Schwesterart von *P. crassipes*, *P. longicornis*, und drei Collembolenarten dargestellt wurde. Sowohl auf der Basis der einzelnen Probedaten (nicht aufgelistet), als auch auf der Basis der Abundanzdifferenzen ergaben sich lediglich für Gamasina und Gesamtacari Zusammenhänge, die sich auch schon in der Ähnlichkeit der Abundanzdifferenzkurven (Abb.17) andeuteten.

Tabelle 5.

PEARSON-Korrelationskoeffizienten für biotische und abiotische Differenzen der Flächen (0-4 cm).

	dWG %	dWGabs	dGamasina
dAcari	-0.21	-0.44	0.72
dColl	0.42	-0.25	-0.15
dGama	-0.11	-0.44	-
dOrib	-0.07	-0.14	-0.38

d= Differenzen REK-SUK; WG%= Wassergehalt als Prozent von m_x ;
WGabs= Wassergehalt in g/100 cm³.

5.3 Die Sukzession der Arten der Cohors Gamasina

5.3.1 Artenliste der Gamasina von den Versuchsflächen REK und SUK der Siedenburg-Deponie.

Angegeben sind die Maximaldominanzen der Jahreswerte (0-12 cm) 1980, 81, 82 in Prozent.

Arten	Probeflächen SUK REK	
=Eviphidoidea KARG,1965		
-Eviphididae BERLESE,1913		
<i>Alapris siculus</i> (OUDEMANS,1905)	0.2	0.7
=Macrochelidae v.VITZTHUM,1930		
-Macrochelinae v.VITZTHUM,1930		
<i>Macrocheles carinatus</i> (C.L.KOCH,1839)	0.4	
=Dermanyssoidea KOLENATI,1859		
-Dermanyssidae KOLENATI,1859		
-Hypoaspidae v.VITZTHUM,1941		
<i>Hypoaspis claviger claviger</i> (BERLESE,1883)	0.2	
<i>Hypoaspis angusta</i> KARG,1965	0.3	11.4
=Phytoseioidea KARG,1944		
-Phytoseiidae BERLESE,1916		
-Phytoseiinae BERLESE,1916		
<i>Amblyseius okanagensis</i> (CHANT,1957)	0.2	
<i>Amblyseius spec.</i>	0.8	0.2
-Ameroseiidae EVANS,1963		
<i>Ameroseius corbiculus</i> (SOWERBY,1806)	0.4	0.4
=Ascoidea KARG,1965		
-Ascidae OUDEMANS,1905		
<i>Sejus borealis</i> (BERLESE,1904)	0.4	20.0
<i>Sejus necorniger</i> (OUDEMANS,1903)	6.2	1.2
<i>Arctoseius cetratus</i> (SELLNICK,1940)	55.0	44.0
<i>Arctoseius minutus</i> (HALBERT,1915)	0.7	
=Eugamasoidea KARG,1965		
-Rhodacaridae OUDEMANS,1902		
<i>Rhodacarellus silesiacus</i> WILLMANN,1935	72.7	54.0
<i>Rhodacarus coronatus</i> BERLESE,1921	0.2	
<i>Rhodacarus ancorae</i> KARG,1971	2.2	0.1
<i>Dendrolaelaps spec.</i>	0.6	

Arten	Probeflächen	
	SUK	REK
-Eugamasidae HIRSCHMANN,1962		
-Parasitinae OUDEMANS,1901		
sensu EVANS (1957)		
<i>Pergamasus suecicus</i> (TRÄGARDH,1936)	0.5	
<i>Pergamasus quiescens</i> (CAN.,1882)	0.2	2.6
<i>Pergamasus crassipes</i> (LINNE,1758)	4.1	2.1
<i>Pergamasus septentrionalis</i> (OUDEMANS,1902)	6.8	1.7
<i>Pergamasus runcatellus</i> (BERLESE,1903)	0.3	0.5
<i>Pergamasus vagabundus</i> KARG,1968	0.2	
<i>Parasitus eta</i> OUDEMANS & VOIGTS,1904	0.2	2.5
<i>Parasitus fimetorum</i> (BERLESE,1903)		0.2
<i>Parasitus lunulatus</i> (J.MÜLLER,1859)	1.7	1.7
<i>Parasitus spec.</i>	0.2	0.8
-Veigaiiina OUDEMANS,1939		
sensu BREGETOVA (1961)		
<i>Veigaiia planicola</i> (BERLESE,1892)		1.1

Von den 23 exakt determinierbaren Arten wurden auf SUK 20 und auf REK 15 gefunden. Davon sind 14 Arten beiden Flächen gemeinsam. Eine geringe Anzahl von Tieren wurde bei unsicherer oder unmöglicher Artbestimmung den entsprechenden Gattungen zugeordnet. Die Gattung *Seius* wurde von KARG (1981) in *Cheiroseius* umbenannt. Ich folge dennoch aus pragmatischen Gründen der Nomenklatur von KARG (1971) (s.2.2).

Die Abundanz- und Dominanzlisten 0-12 cm und 0-4 cm, 4-8 cm und 8-12 cm finden sich im Anhang B2 - B5.

5.3.2 Die Besiedlung des gesamten Bodenprofils

Die Besonderheiten der Abundanzentwicklung der Gamasina sind in 5.2 erläutert worden. Die Betrachtung der Sukzession auf Artebene differenziert die geschilderten Zusammenhänge in großem Maße.

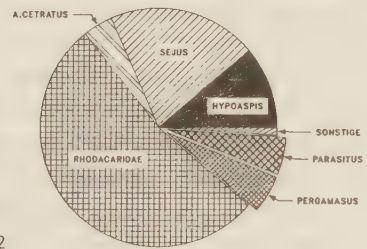
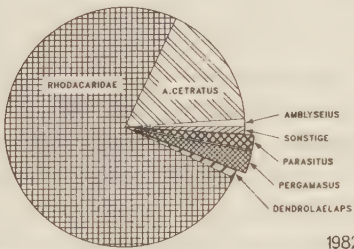
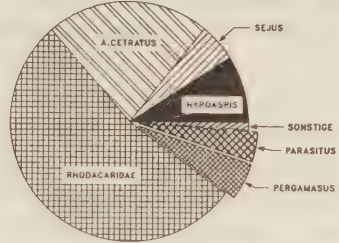
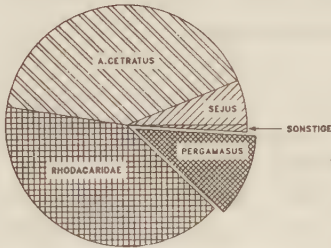
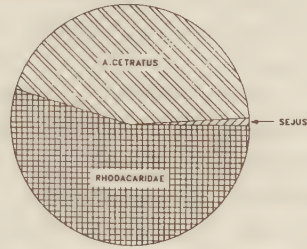
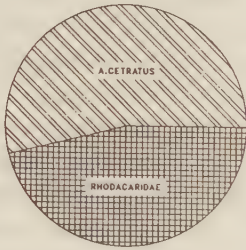
Insgesamt wurden innerhalb der drei Jahre 26 Arten nachgewiesen, von denen drei nicht exakt determinierbar waren (5.7.1) (Entwicklung der Artenzahlen s. 5.7.1). Die Kreisdiagramme in Abb.18 veranschaulichen die Veränderungen der Gamasina-Synusie im Verlauf der drei Untersuchungsjahre. Für die Darstellung wurden einige Arten zu Gattungen oder Familien zusammengefaßt.

Die Pioniersynusie des ersten Jahres (1980) setzt sich auf SUK wie auf REK vorwiegend aus den zwei Arten, *Arctoseius cetratus* und *Rhodacarellus silesiacus* zusammen. Beide Arten sind als frühe Besiedler bekannt (HUHTA et al. 1979), wobei *A.cetratus* als hemiedaphische Art mehr die oberen Bodenschichten besiedelt, während die schlanke Art *R.silesiacus* ein ausgesprochener Tiefenbewohner ist. Rezedent bis subrezedent (Dominanz unter 3.1 %, ENGELMANN 1978) sind auf SUK *Sejus necromiger* und *Rhodacarus ancorae* und auf REK *Atilophis siculus*, *Sejus borealis*, *S.necromiger* und *R.ancorae* zu finden (z.T. unter der Auflösungsgrenze der Kreisdiagramme). *A.siculus*, *S.necromiger* und *R.ancorae* können während des gesamten Untersuchungszeitraumes keine persistenten Populationen aufbauen.

Im zweiten Jahr wurden auf SUK 11 Arten und auf REK 13 Arten gefunden, davon 7 Arten auf beiden Flächen. Typische Oberflächenbewohner wie die Pergamasus-Arten und *Sejus necromiger* und *Sejus borealis* können sich ansiedeln. Dies geht mit den durch die Etablierung der Vegetation hervorgerufenen Habitatveränderungen einher, die zunächst insbesondere die oberen Bodenschichten betreffen. Die Synusie von REK setzt sich von der von SUK deutlich durch die Parasitus-Arten, durch die *Hypoaspis angusta*-Population und durch die Vikarianz von *S.borealis* an Stelle von *S.necromiger* ab, die auf SUK vorübergehend eine dominante Population (bis zu 13 %) aufbauen kann.

ARTENSPEKTRUM VON SUK ,0-12CM

ARTENSPEKTRUM VON REK ,0-12CM



DOMINANZEN JAHRESWERTE

DOMINANZEN JAHRESWERTE

Abb.18: Artenspektren der Gamasina von SUK und REK, basierend auf Jahresmittelwerten 0-12 cm.

Ab der zweiten Hälfte des Jahres 1981 wurden auf SUK auch die großen, epedaphischen Parasitidae *Pergamasus crassipes* und *Pergamasus septentrionalis* als subdominante bis dominante Arten und *Pergamasus runcatellus* als subrezedente gefangen. Im Unterschied zu SUK wird REK nicht von *P.runcatellus*, aber von der in den Proben von SUK nicht auftretenden *Pergamasus quisquiliarum* besiedelt. Nicht *P.septentrionalis* ist hier die häufigste *Pergamasus*-Art, sondern *P.quisquiliarum* und *P.crassipes*, die auch auf SUK vorkommt. Die auf SUK spärlich vertretenen Parasitus-Arten besitzen auf REK rezedente bis subdominante Vorkommen. *Vetgaia planicola* wird vereinzelt nur auf REK gefunden, *Arctoseius minutus*, *Macrocheles carinatus* und *Hypoaspis claviger claviger* nur auf SUK. Die Synusie des zweiten Jahres läßt auf SUK sich als *A.cetratus*-*R.silesiacus*-*S.necorniger*-*P.septentrionalis*-, die auf REK als *A.cetratus*-*R.silesiacus*-*Parasitus*-Komplex beschreiben.

Im dritten Jahr wird die sich schon im zweiten Jahr abzeichnende Verdrängung von *A.cetratus* durch *R.silesiacus* evident. Die *Sejus*-Population auf SUK konnte sich nicht halten, während sie sich auf REK zu einer ansehnlichen Dominanz von 20% entwickeln konnte (*S.borealis*). Die SUK-Synusie ist durch *R.silesiacus* (Anfang 1982 auch noch *A.cetratus*), die von REK durch *R.silesiacus*-*S.borealis*-*H.angusta*-*Parasitus* charakterisiert.

Der vielfältige und sich noch stark verändernde Lebensraum der der natürlichen Sukzession überlassenen Fläche ermöglicht die oft nur vorübergehende Ansiedlung von insgesamt 24 Arten, wohingegen sich auf der homogenen REK-Fläche im Verlauf des Jahres 1982 nur 16 Arten einfänden (14 gemeinsame Arten). Einige dieser Arten sind keine wahren Besiedler, sondern nur kurzzeitige Gäste. Die Struktur der Synusie ist auf SUK von hoher Dominanzkonzentration charakterisiert, während die von REK ausgeglichener ist (s. 5.6.2). Dies weist auf die immer noch "härteren" Lebensbedingungen auf SUK hin.

Das Vorkommen von *V.planicola* und *Parasitus fimetorum* ist während der drei Jahre ausschließlich auf REK beschränkt. *M.carinatus*, *H.claviger* cl., *Amblyseius okanagensis*, *Rhodacarus coronatus*, *Dendrolaelaps spec.*, *Pergamasus suecicus* und *Pergamasus vagabundus* kommen nur auf SUK vor. Diese Differentialarten sind sämtlich rezedent bis subrezedent.

Das Auftreten der Arten zu den einzelnen Probenahmeterminen ist in den Abundanzkurven (0-12 cm) von Abb.19 dargestellt. Der Anfangspeak der Gamasina-Abundanz wird auf SUK wie REK durch eine starke Populationsentwicklung der eudominanten *R.silesiacus* und *A.cetratus* hervorgerufen. Die Population von *A.cetratus* ist auf REK noch wesentlich instabiler als auf SUK. Hier verhält sich *A.cetratus* als Frühjahrs-Sommer-Art, im Unterschied zur Herbst-Winter-Art *R.silesiacus*. Der unterschiedliche Kurvenverlauf auf SUK und REK läßt jedoch zusätzlich andere als phänologische Faktoren als entwicklungssteuernde Parameter wahrscheinlich erscheinen, wie die Verfügbarkeit von Ressourcen und damit zusammenhängend Konkurrenz. Diese Hypothese wird auch durch die z.T. gegenläufigen Abundanzkurven von *A.cetratus* und *R.silesiacus* und noch deutlicher durch die in Abb.20 gezeigten Dominanzkurven der beiden Populationen unterstützt.

An Hand der erst später angetroffenen Arten werden weitere Regelmäßigkeiten deutlich: die meisten der gemeinsam vorkommenden Arten erscheinen zuerst auf REK. Die Etablierung der Populationen erfolgt wellenartig, wobei die Populationsdichte bei der ersten Eroberung des Lebensraumes durch Arten mit hoher intrinsischer Wachstumsrate r und günstigen Ansiedlungsbedingungen explosionsartig die carrying capacity des Systems überschreiten kann, was dann zu einem Zusammenbruch der Populationen führt (*Hypoaspis angusta*, *A.cetratus*). Das andere Ansiedlungsmuster beginnt mit langsamer Etablierung und führt dann zu stabilen Populationen (*S.borealis*, *R.silesiacus* auf SUK). Stenöke Arten mit enger Toleranz gegenüber einigen Parametern und/oder Konkurrenzschwäche können bei rascher Veränderung des Lebensraums nur die erste Phase der geschilderten Populationsentwicklung durchlaufen (*Snecorniger*, *A.siculus*). Die Stichhaltigkeit dieser Argumente wird sich bei der Auswertung der Proben ab 1983 erweisen. Es wird sich zeigen, ob die sich anbahnenden Populationsentwicklungen von *H.angusta*, *A.siculus* und *Dendrolaelaps* auf SUK den geschilderten Modellen entsprechen.

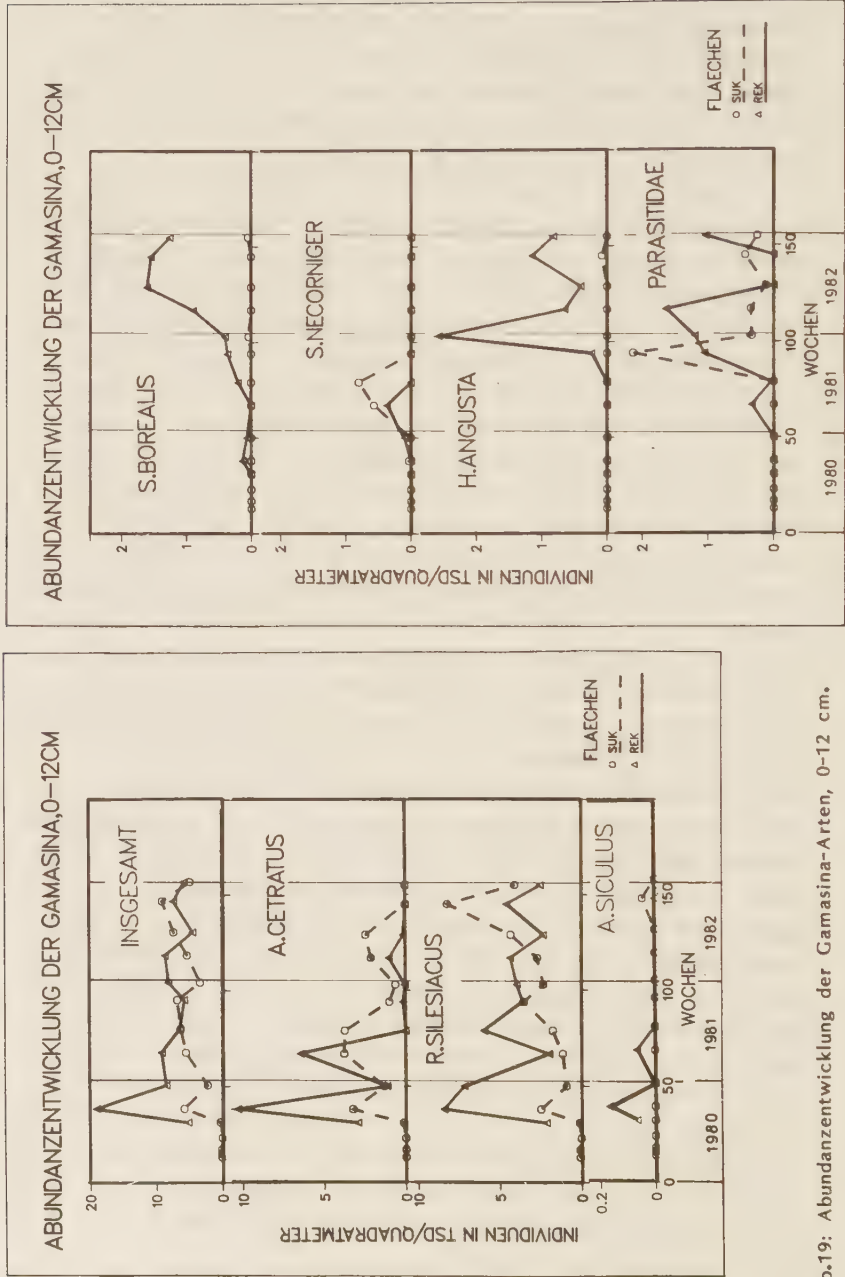


Abb.19: Abundanzentwicklung der Gamasina-Arten, 0-12 cm.

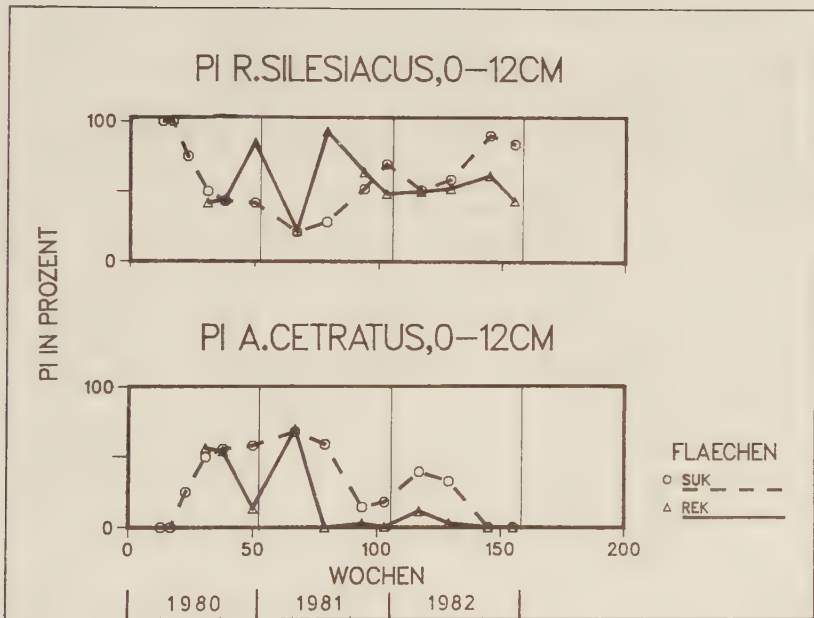


Abb.20: Dominanzentwicklung von *R.silesiacus* und *A.cetratus*, 0-12 cm.

5.3.3 Die Sukzession der Arten in den einzelnen Bodenschichten

In Abb.21 sind in die 0-12 cm Kurven die Siedlungsdichten der Bodenschichten 4-12cm und 8-12cm eingezeichnet. Wie bei den Mesofauna-Gruppen ist besonders auf REK eine frühe Besiedlung auch der unteren Horizonte zu verzeichnen. *A.cetratus* und *R.silesiacus* können sich in die durch das Fräsen geschaffenen Poren tieferer Schichten zurückziehen und somit die "harten" mikroklimatischen Bedingungen der vegetationsarmen Anfangsphase überstehen. Die etwas breitere *A.cetratus* (2.Teil, 4.3) besiedelt bevorzugt den Lebensraum von 4-8 cm, während die schmale *R.silesiacus* bis zu einer Tiefe von 12 cm häufig gefunden wird. Im zweiten Jahr verschwindet *A.cetratus* aus den tieferen Schichten auf REK und SUK fast völlig, die nun umso mehr von *R.silesiacus* bewohnt werden. Dies könnte ein weiterer Hinweis auf die im 2. Teil (4.3) zusammengestellte Evidenz für eine Konkurrenz der beiden Arten sein. In noch stärkerem Maße als *R.silesiacus* ist *H.angusta* eine Bewohnerin der Bodentiefe (8-12 cm). Das Maximum der Siedlungsdichte von *H.angusta* steht einer Depression der *R.silesiacus*-Abundanz in 8-12 cm Bodentiefe gegenüber. *S.borealis* und die Parasitidae sind vorwiegend epedaphische Gamasina. Ausschließlich in der oberen Bodenschicht wurden *A.siculus* und *S.necomiger* gefunden.

Die Eroberung der tieferen "Horizonte" erfolgt nicht immer später als die der oberen. Zuweilen, wie bei *H.angusta* und *R.silesiacus* (beide REK) werden die oberen Schichten später besiedelt als die tiefen.

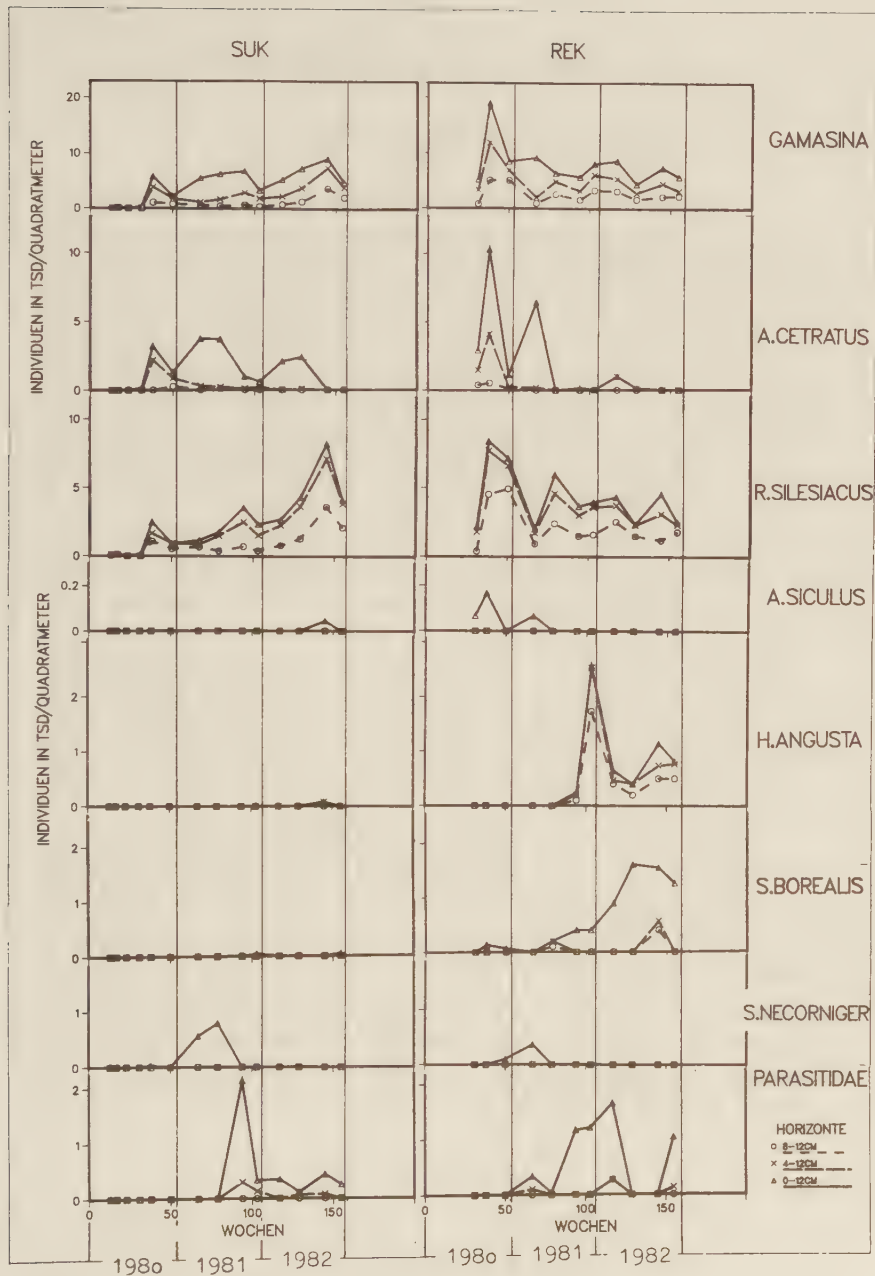


Abb.21: Besiedlung der Bodenschichten 0-4, 4-8, 8-12 cm im Zeitverlauf durch die Arten der Gamasina.

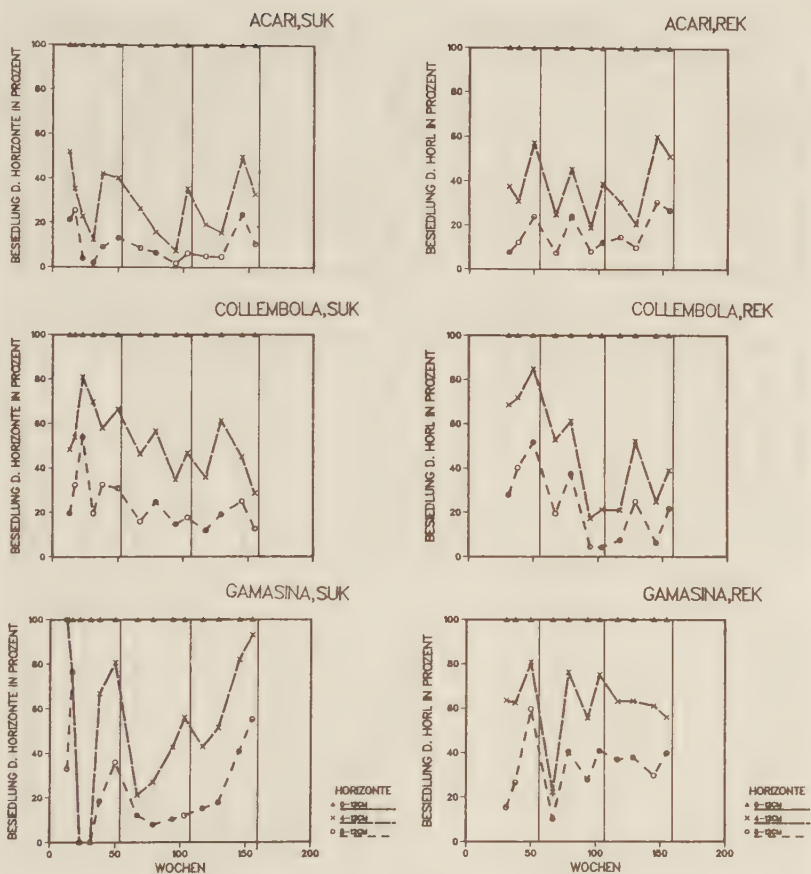
5.4 Die Vertikalverteilung im Sukzessionsverlauf

Die Vertikalverteilung im Sukzessionsverlauf ist für einige ausgesuchte Gruppen und Arten in Abb. 22 und 23 dargestellt (prozentualer Anteil der Populationen der jeweiligen Bodentiefen an der 0-12 cm Population). Die Rekultivierungsmaßnahmen (Fräsen) erleichtern die Besiedlung der Tiefe zu Anfang deutlich, sowohl auf Gruppen wie auf Artebene. Die Acari leben auf SUK wie REK zu einem großen Teil in den oberen Bodenschichten. Die Ansiedlung der Collembolen erfolgt in der oberen Bodenschicht, die dann vorübergehend von den witterungsempfindlichen (Trockenheit) Tieren gemieden wird. Mit zunehmendem Sukzessionsalter und zunehmender Ausbildung der Phytocönose besiedeln sie verstärkt den 0-4 cm Horizont. Die Gamasina leben z.T. in der Tiefe, z.T. in den oberen Bodenschichten. Der unmittelbare Sukzessionsbeginn zeichnet sich durch starke Besiedlung der unteren Schichten aus, wo die Gamasina in 0-4 cm überhaupt nicht angetroffen werden.

Die Populationsmaxima von *R. silesiacus* und *A. cetratus* sind nicht nur zeitlich voneinander getrennt, sondern auch räumlich. *R. silesiacus* lebt abgesehen von der Pionierphase im Sommer 1980 zu maximal 40% in der oberen Bodenschicht, *A. cetratus* dagegen bis zu 100%. *S. borealis* ist auf REK hauptsächlich im oberen Horizont zu finden.

Saisonale Wanderungen im Sinne von Populationsverlagerungen sind nicht ablesbar. Die in Abb. 23 dargestellten für die jeweiligen Bodentiefen berechneten Dominanzwerte belegen jedoch besonders für SUK, daß *R. silesiacus* im Winter auch den oberen "Horizont" relativ stark besiedelt, während *A. cetratus* dort im Sommer einen hohen Anteil der Gamasina-Synusie stellt. Weiterhin wird in dieser Darstellung die abnehmende zahlenmäßige Bedeutung von *A. cetratus* in 4-8 cm Bodentiefe bei Zunahme von *R. silesiacus* sehr deutlich. Die Verhältnisse auf REK sind nicht so eindeutig interpretierbar.

VERTIKALVERTEILUNG IM SUKZESSIONSVERLAUF



1980 | 1981 | 1982 |

1980 | 1981 | 1982 |

Abb.22a: Vertikalverteilung einiger Mesofauna- Gruppen
im Sukzessionsverlauf, kumulativ.

VERTIKALVERTEILUNG IM SUKZESSIONSVERLAUF

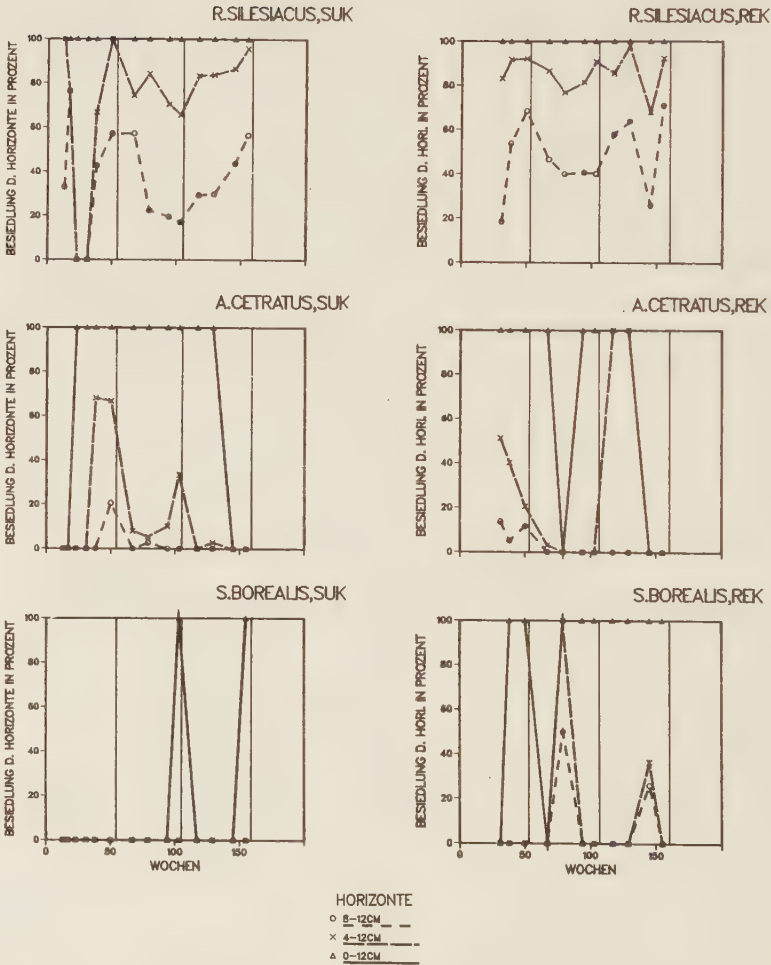


Abb.22b: Vertikalverteilung einiger Gamasina-Arten
im Sukzessionsverlauf, kumulativ.

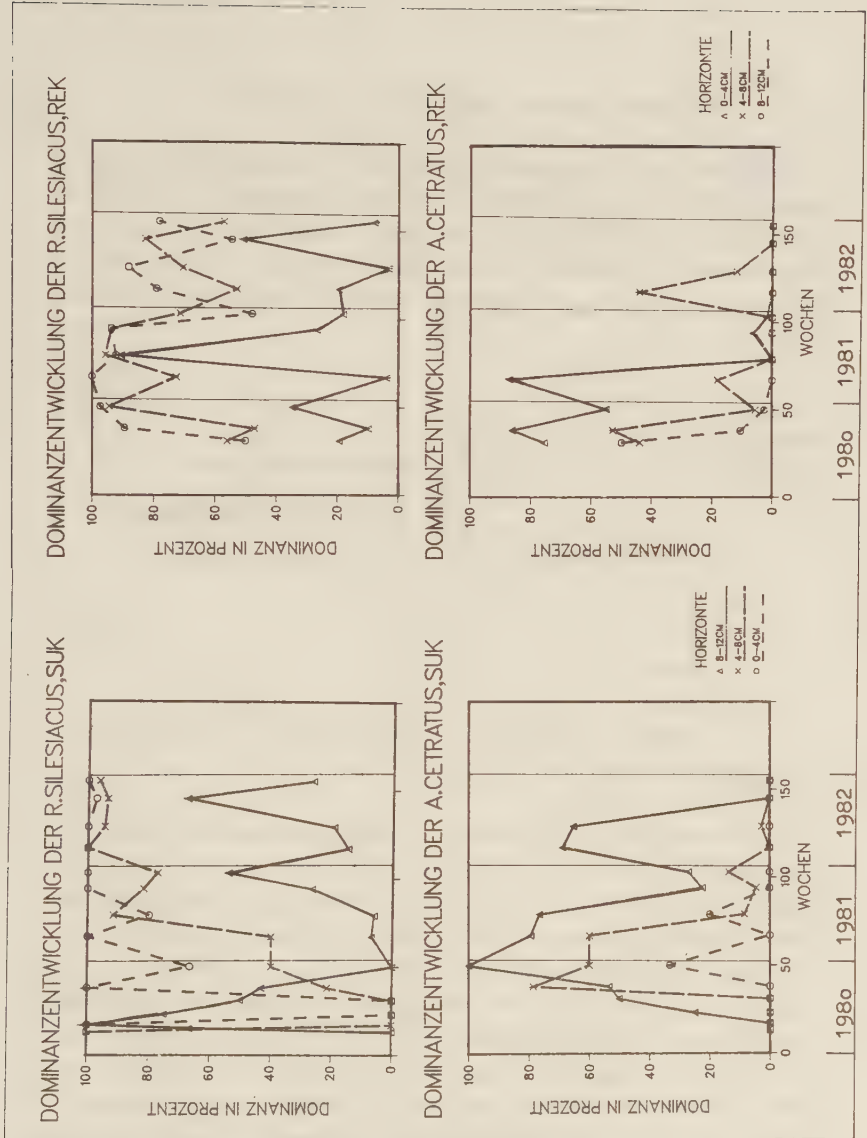


Abb.23: Entwicklung der Dominanz in den drei Bodenschichten
 0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm.

5.5 Die Horizontalverteilung und Konstanz im Zeitverlauf

Mit der Relation Varianz/Mittelwert ($v/\bar{x}$) wurde die Verteilung der Milben, Collembolen, Gamasina und der Art *A. cetratus* (ACET) in der obersten Bodenschicht (0-4 cm) abgeschätzt (s. 2. Teil, 3.3). Die Tiere sind erwartungsgemäß geklumpt verteilt. Die Mittelwerte der $v/\bar{x}$ -Relation über den gesamten Untersuchungszeitraum sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6.

Mittelwerte der $v/\bar{x}$ -Relation aus allen Probenahmen (0-4 cm).

	SUK	REK
Coll	11.4	27.3
Acari	41.1	38.8
Gamas	5.5	5.1
ACET	9.5	4.1

ACET = *A. cetratus*

Der homogenere Pflanzenbestand und die Bodenbehandlung (Fräsen) auf REK haben keinen deutlichen Einfluß auf die Verteilung der untersuchten Tiere. Die aus Abb. 24 zu entnehmende Entwicklung der $v/\bar{x}$ -Relation führt außer im Herbst 1981 bei hohen Abundanzen zu den höchsten Werten. Die Populationsentwicklungen erfolgen demnach in Mikrohabitaten, wo besonders gute Bedingungen herrschen. Eine zunehmende oder abnehmende Tendenz des Aggregationsgrades ist im Sukzessionsverlauf nicht festzustellen, im Gegensatz zu den Untersuchungen von HUTSON & LUFF (1978), die eine Zunahme der Aggregation verzeichneten. Die Gamasina als Gruppe sind z.T. fast zufällig verteilt ($v/\bar{x} = 1$). Dies ist auf ihre räuberische, nicht sessile Lebensweise und ihre relativ große Mobilität (lange Beine) zurückzuführen.

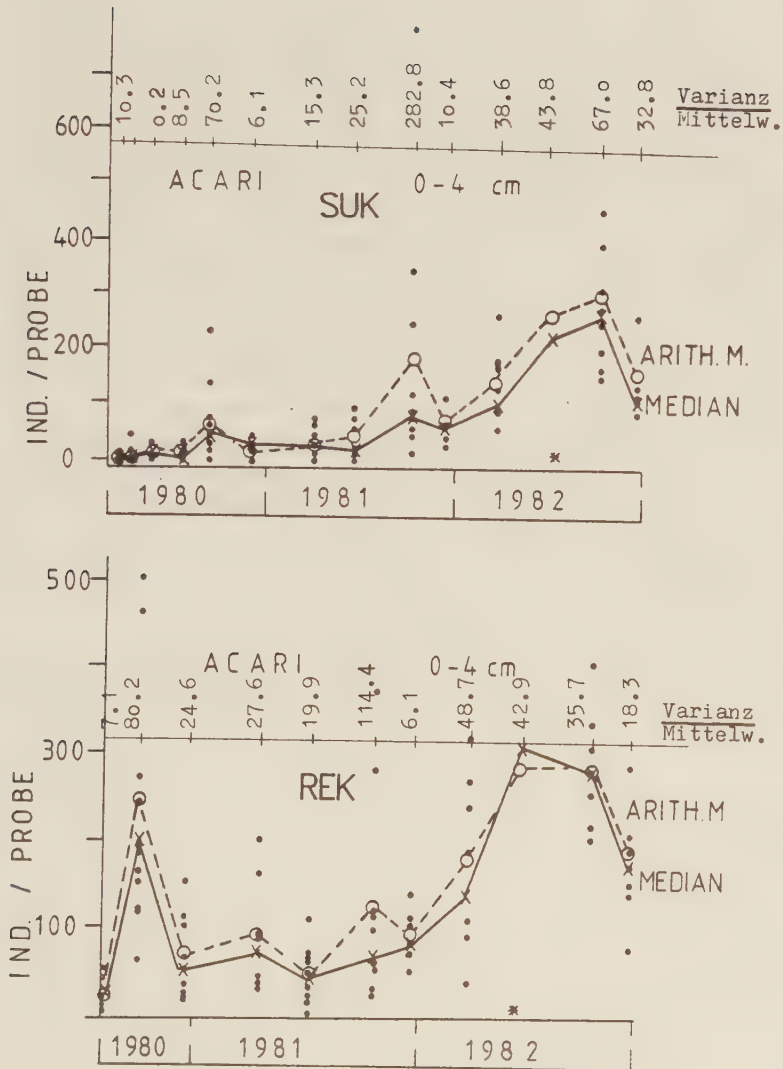


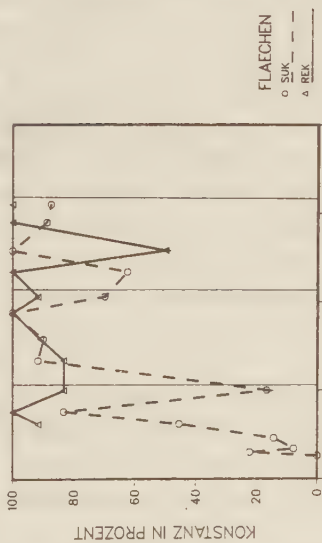
Abb. 24: Die Relation $v/\bar{x}$ für Acari und Gamasina, 0-4 cm.
Kurven wie Abb. 10.

Die Gamasina wurden ab Anfang 1981 in mehr als 50% der Proben gefunden (Abb.25). Im Juni 1982 fällt die Konstanz (Frequenz sensu TISCHLER, s. 2. Teil, 3.3) auf REK während einer fröhsommerlichen Trockenphase auf unter 50% (s. Abb.4). Die Trockenheit bewirkte offensichtlich lediglich auf REK eine erhöhte Aggregation der Tiere, auf der ebenfalls trockenen SUK nicht. Weitere Faktoren müssen demnach eine Rolle spielen. Der Verlauf der Konstanzkurve von *R.silesiacus* läßt saisonale Maxima erkennen, die sich für REK 1981, 82 mit denen der Dominanz in Abb.23 (5.4) decken. Bei SUK sind Konstanz und Dominanz der Art nur für 1982 miteinander korreliert. Trotz relativ geringer Abundanz sind die Tiere in vielen Proben zu finden. In den Proben der Tiefe sind sie ebenfalls mit hoher Konstanz vertreten. Das Konstanzmaximum von *R.silesiacus* erscheint meist einen Probenahmetermin später als das von *A.cetratus*. Der Verlauf der Konstanzkurven ist wiederum nicht ausschließlich vom Klima, sondern auch vom Sukzessionsverlauf geprägt.

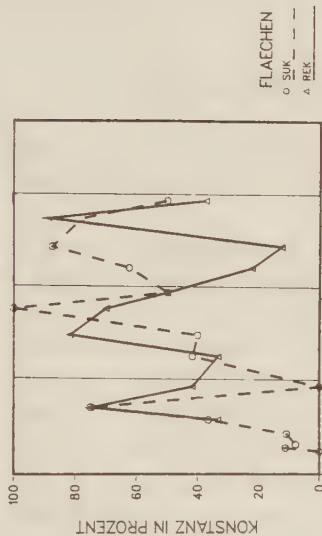
Die Konstanz von *S.borealis* nimmt meist proportional zur Abundanz zu, erreicht ihr Maximum aber einen Probenahmetermin nach dem Abundanzmaximum (0-4 cm). Das läßt auf lokale Entwicklungszentren schließen, von denen sich die Tiere ausbreiten (s.o.).

Die Aussagen aus den Konstanzberechnungen besitzen nur eingeschränkten Wert, da die Stichprobenumfänge hierfür sehr gering sind.

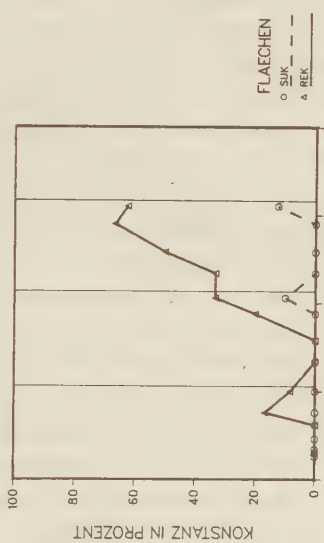
KONSTANZENTWICKLUNG DER GAMASINA, 0-4CM



KONSTANZENTWICKLUNG DER R.SILESIAEUS, 0-4CM



KONSTANZENTWICKLUNG DER S.BOREALIS, 0-4CM



KONSTANZENTWICKLUNG DER A.CETRATUS, 0-4CM

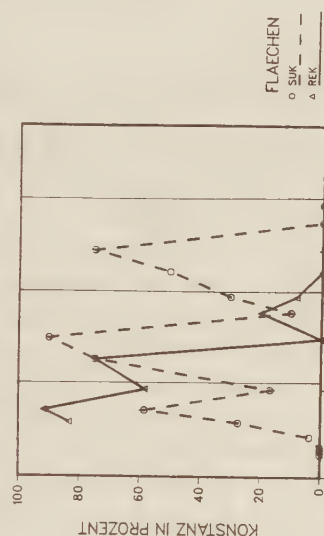


Abb. 25: Entwicklung der Konstanz (Frequenz sensu TISCHLER) für die Gamasina und einige ihrer Arten (0-4cm).

5.6 Die Populationsstruktur einiger Arten der Gamasina

Die Extraktion der empfindlichen Jugendstadien erfolgt mit geringerer Effizienz als die der Adulten. Die Befunde sind daher nur unter Vorbehalt quantitativ zu verstehen.

Die ersten *R.silesiacus*, die auf SUK gefunden wurden, waren adulte Weibchen. Wie aus Abb.26 ersichtlich ist, haben die Nymphenstadien einen hohen Anteil am ersten Abundanzmaximum. Jeweils eine Probenahme vor den folgenden Peaks wird ein Ansteigen der Nymphenabundanz beobachtet. Die *R.silesiacus*-Population auf SUK erneuert sich im Herbst, die Weibchen überwintern. Dies entspricht den Befunden von KARG (1967) aus einem Kartoffelacker und denen von SCHMELCHER (1983) aus Weinbergsböden. Die maximale Abundanz der Jugendstadien fand SCHMELCHER (l.c.) jeweils im Sommer, während die Dichtemaxima der Gesamtpopulationen im Winter lagen. Dies steht im Einklang mit den vorliegenden Daten (besonders SUK). Ebenfalls univoltine "life histories" mit überwinternden Adulten fand LEE (1973) bei Arten der Rhodacaridae in Australien und EMBERSON (zitiert bei LEE l.c.) bei solchen aus Canada. Die mittels des groben zeitlichen Rasters gewonnenen Daten lassen auf eine Generationsdauer von ca. einem Jahr schließen. Der große Anteil der adulten Population bei gleichzeitigem Niedergang der juvenilen in der 145. Woche zeigt die Unzulänglichkeit der Methode (Extraktion und zeitliches Raster); denn der Zuwachs an Adulten von t_{129} nach t_{145} (Index= Wochenangabe) entspricht nicht dem vorhandenen Nachschubpotential an Juvenilen: er ist viel größer und es ist nicht wahrscheinlich, daß er von einer Einwanderungswelle verursacht wurde.

Ein der Abundanz Juveniler von t_{79} ungefähr entsprechender Zuwachs an Adulten ist bei REK t_{94} zu verzeichnen. Doch darf die Interpretation auf Grund der erwähnten methodischen Mängel nicht vertieft werden. Das Auftreten der Juvenilen auf SUK und REK weist eine höhere Parallelität auf als das der Gesamtpopulation.

Die *R.silesiacus*-Population besteht auf beiden Flächen zu hohen Anteilen nur aus adulten Weibchen. Männchen wurden nicht gefunden (laut KARG 1967 kommt auf 1000 Weibchen ein Männchen).

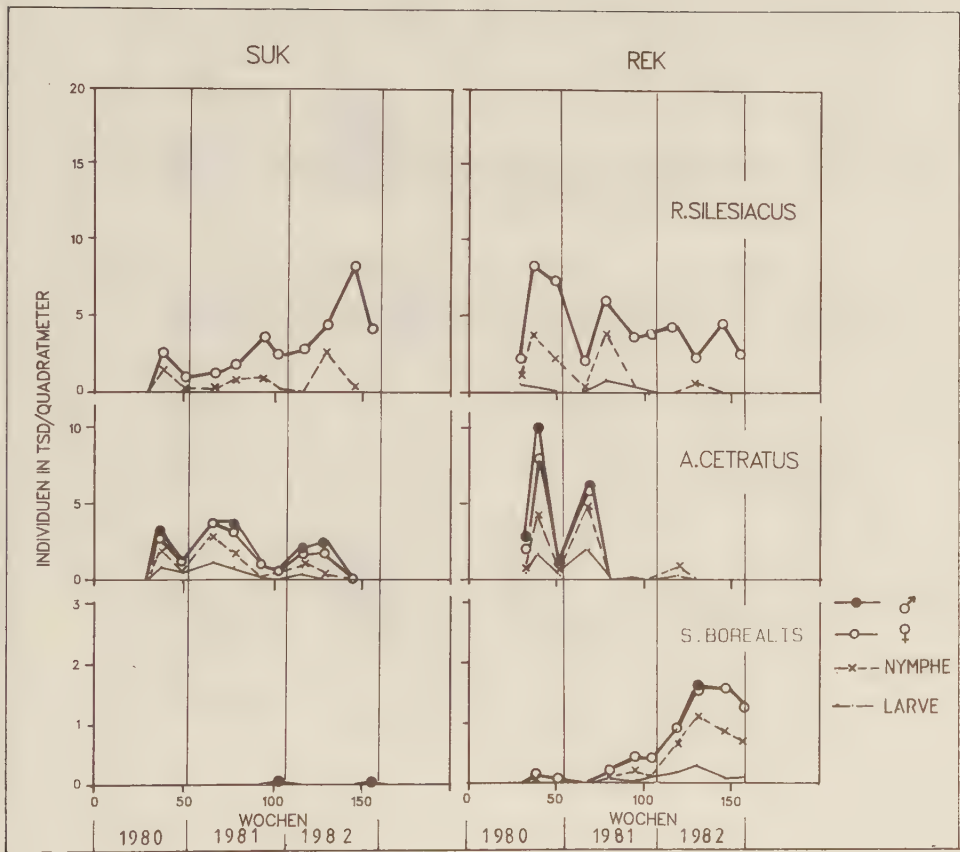


Abb.26: Populationsstruktur einiger ausgewählter Gamasina-Arten, 0-12 cm, kumulativ.

Anders die *A.cetratus*-Population, die zu einem wesentlich höheren Anteil aus Juvenilen besteht. Zumindest auf SUK gehen den Populationsmaxima der Adulten ab 1981 wie bei *R.silesiacus* starke Populationsentwicklungen der Juvenilen voraus. Es treten zeitweilig bis zu 30% Männchen auf (bezogen auf Adulte), die gegen Ende der Dichtepeaks der Population gefunden werden. Abgesehen von der Primärphase der Populationsentwicklung werden die Juvenilen verstärkt im Frühsommer gefunden.

Auch die *S.borealis*-Population besteht zu großen Anteilen aus Juvenilen. Männchen werden wenig gefunden.

In Abb.27 ist das Verhältnis Juvenile/Adulte in den jeweiligen "Horizonten" dargestellt. Es wird deutlich, daß die Entwicklung der *R.silesiacus* und *A.cetratus* in der Pionierphase zu einem großen Teil auch in der obersten Bodenschicht abläuft, und das trotz der adversen Lebensbedingungen. Die Aufschlüsselung der Daten nach den jeweiligen Probenahmeterminen zeigt, daß die Aufbauphase der Population von *R.silesiacus* und *A.cetratus* auf SUK ausschließlich im obersten Horizont stattfindet (Anhang B 6), auf REK überwiegend in der Tiefe. Daran wird die Nutzung des durch das Fräsen geschaffenen Lebensraumes in Form von Poren deutlich.

Im Laufe der Sukzession findet die Entwicklung von *R.silesiacus* vermehrt in den tiefen Bodenschichten statt und die von *A.cetratus* in den oberen. Dies ist besonders ausgeprägt auf SUK. Die juvenilen Parasitidae sind fast ausschließlich im oberen "Horizont" anzutreffen, z.T. in sehr hohen Dichten im Vergleich zu den adulten.

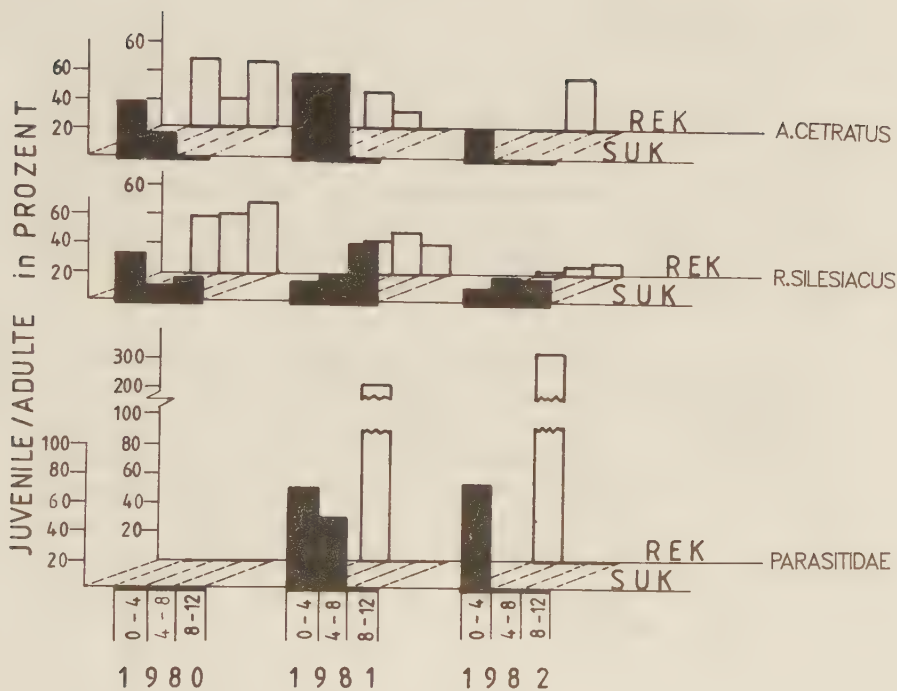


Abb.27: Die Anzahl der Juvenilen im Verhältnis zur Anzahl der Adulten, nach Bodenschichten und Jahren untergliedert.

5.7 Die Entwicklung der Strukturparameter im Zeitverlauf

5.7.1 Artenzahl

Die Entwicklung der Artenzahl im Sukzessionsverlauf ist für 0-12 cm Tiefe in Abb.28a dargestellt. Auf SUK ist eine mehr oder weniger stetige Zunahme der Artenzahl festzustellen, während die auf REK starken Fluktuationen und Einbrüchen unterliegt. Auf REK werden zu den einzelnen Probenahmeterminen höhere Artenzahlen erreicht (REK maximal 13, SUK maximal 9), das Artenspektrum ist auf SUK jedoch größer als auf REK (26 bzw. 17).

Die Entwicklung der Artenzahlen in den einzelnen Bodenschichten ist in Abb.28b dargestellt. In der oberen Bodenschicht von SUK ist wie in Abb.28a eine relativ leichten Fluktuationen unterliegende stetige Zunahme im Gegensatz zu einer instabilen Entwicklung auf REK zu verzeichnen. Anders in den tieferen Bodenschichten. In diesen wurden zwar die ersten Gamasina der Untersuchung gefunden, doch erfolgt dann eine sehr langsame Zunahme der Artenzahl. Der Lebensraum der Bodentiefe ist also nur wenigen Arten vorbehalten, wie *R.silesiacus*, *H.angusta* und eingeschränkt *A.cetratus*.

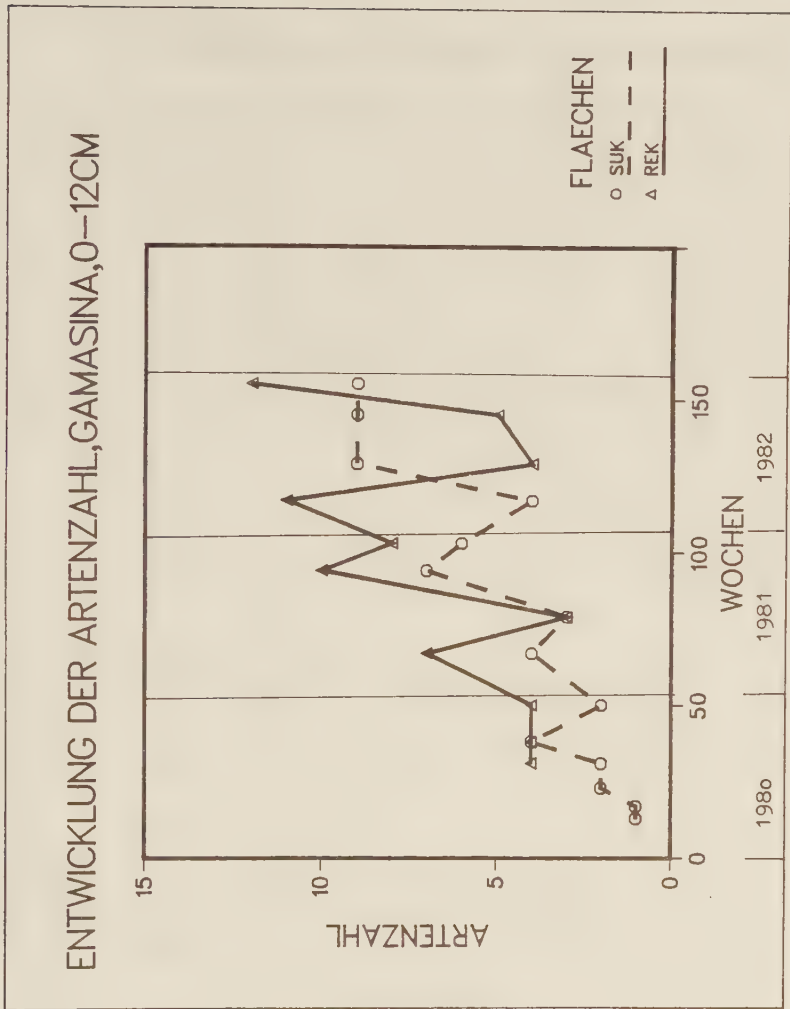


Abb.28a: Entwicklung der Artenzahl, Gamasina 0-12 cm.

ENTWICKLUNG DER ARTENZAHL, GAMASINA,

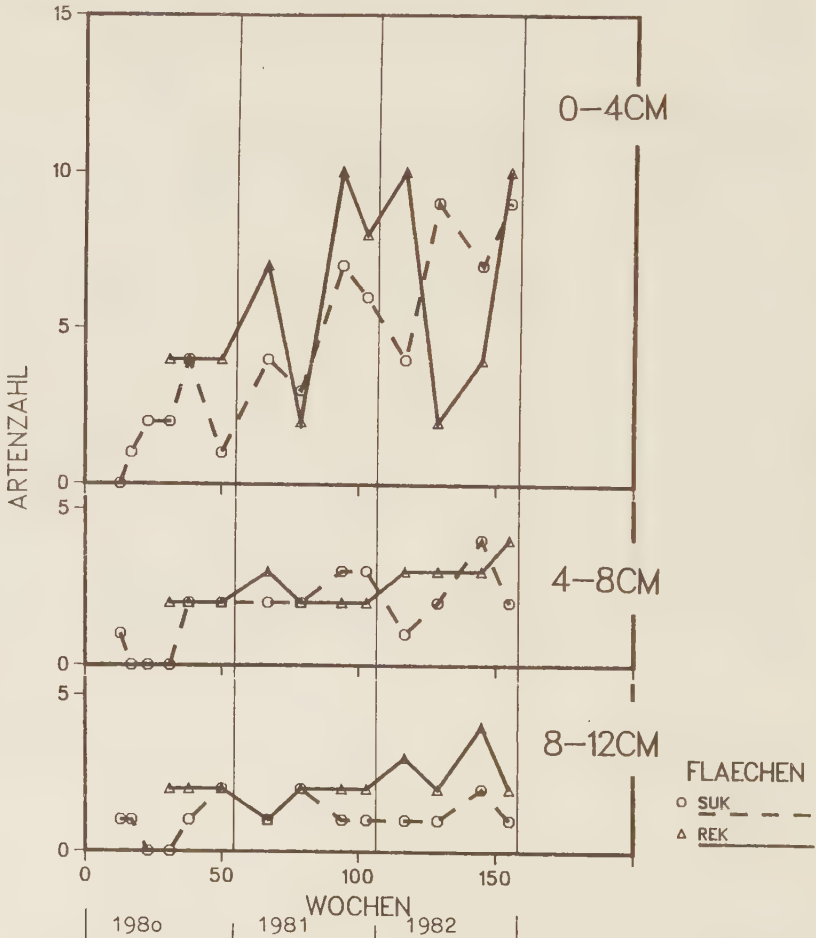


Abb.28b: Entwicklung der Artenzahl in den einzelnen Bodenschichten, Gamasa.

5.7.2 Dominanzgefüge

Die Dominanzgefüge der Gamasina-Synusien der einzelnen Sukzessionsjahrgänge von SUK und REK sind in Abb.29 auf der Basis der Abundanzen (0-12 cm) wiedergegeben. Der schon in Abb.18 dargestellte Sachverhalt der typischen artenarmen Pioniersynusie wird hier als steiles Dominanzgefälle deutlich. Dies bleibt auf SUK in stärkerem Maße erhalten als auf REK, gleichwohl auf SUK im Jahresverlauf von 1982 mehr Arten gefunden werden als auf REK. Dieses Phänomen wurde in 5.7.1 angesprochen. Die das Dominanzgefüge veranschaulichende Kurve von REK nähert sich tendenziell der Form der Kurve des im 2. Teil dargestellten Dominanzgefüges der ca. 3jährigen Deponiefläche.

DOMINANZRANGKURVEN VON SUK UND REK, 1980–1982, 0–12CM

GAMASINA

SUK

REK

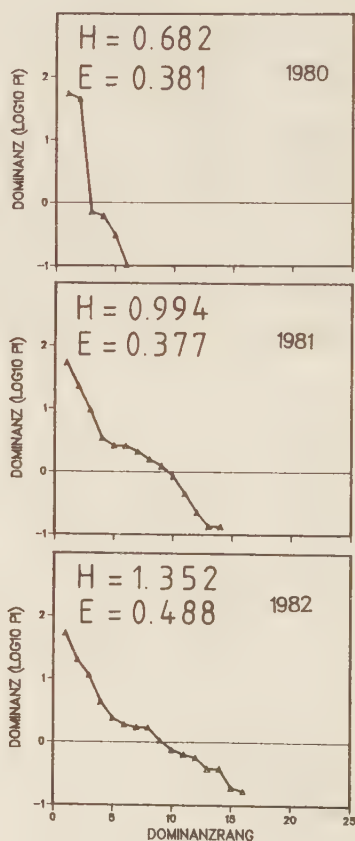
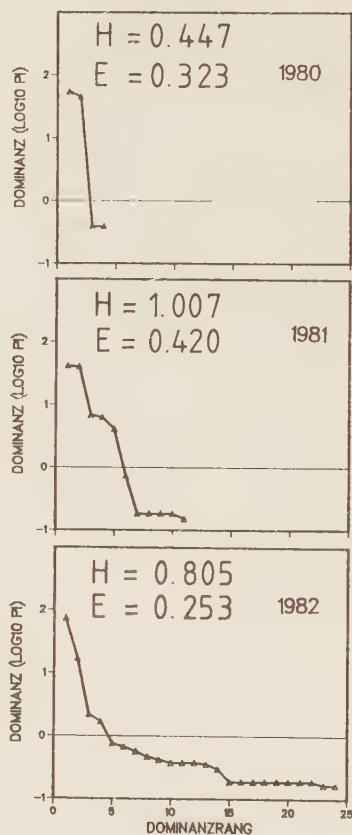


Abb.29: Dominanzrangkurven auf Basis der mittleren Jahresabundanz (0–12cm), logarithmierte Dominanzwerte $\log_{10} P_i$.
 Eingetragen sind die Diversität und die Evenness auf Basis der mittleren Jahresabundanz.

5.7.3 Diversität

"Die auf der Informationstheorie basierenden Diversitätsindices sind zwar in neuerer Zeit in ihrer Anwendbarkeit umstritten ..., sie liefern jedoch eine gültige Grundlage zur Untersuchung einer ökologischen Sukzession, da sie den Entwicklungsgrad der Biozönose zu messen erlauben" (HERMOSILLA 1982). Zunahme der Diversität wird durch Konkurrenz um die Ressourcen der Lebensgemeinschaft durch einwandernde Arten verursacht (McNAUGHTON & WOLF 1970).

Werden analog der für die Dominanzrangkurven angewandten Prozedur die Jahresmittelwerte als Berechnungsgrundlage genommen, so werden die ausgesprochen niedrigen Diversitäten (SHANNON-WEAVER-Index H') gefunden, die in Abb.29 eingetragen sind. Es ist eine zunehmende Tendenz zu verzeichnen, wobei die Evenness jedoch sehr niedrig bleibt (zur Berechnung der Indices s. 2.Teil, 2.2). Die Werte entsprechen denen der Sukzessionsuntersuchung von PARR (1978).

Auch bei der Betrachtung der einzelnen Probenahmen für die gesamte Bodensäule von 0-12 cm ist der Informationsgehalt H' besonders auf SUK erstaunlich niedrig und bleibt auch auf REK immer unter 2.0 bits (Abb.30). Die durch den SHANNON-WEAVER-Index dargestellte Struktur der Lebensgemeinschaft von SUK weist geringfügigere Veränderungen auf als die von REK. Bei der Aufgliederung nach Bodenschichten werden im ersten "Horizont" wesentlich höhere Diversitäten gefunden, die besonders auf SUK einer zeitlichen Dynamik mit Herbst-Winter-Maxima unterliegen (Abb.31) und eine zunehmende Tendenz zeigen, die bei der Betrachtung des gesamten Bodenprofils nicht deutlich wurde. Auf REK sind bei der nach Schichten aufgegliederten Analyse noch wesentlich stärkere Schwankungen zu verzeichnen. Der Niedergang der Diversität im ersten "Horizont" von REK in der 129.Woche wird durch eine 97%ige Dominanz von *S.borealis* verursacht (s.Anhang B4). Die unteren Bodenschichten von SUK besitzen geringe bis gar keine Information, was durch die bis zu 100%ige Dominanz von *R.silesiacus* im untersten "Horizont" verursacht wird (vgl. Abb.23). Auf REK ist in den unteren Bodenschichten nach einem kontinuierlichen Abfall bis zum Frühjahr 1981 eine langsame Zunahme der Diversität festzustellen. Es bleibt abzuwarten, ob auf SUK in den folgenden Jahren ebenfalls eine Zunahme der Diversität auftritt oder ob sich *R.silesiacus* als einzige Population behaupten kann.

Die Darstellung der Diversitäten H der gesamten Bodensäule wie auch der einzelnen Bodenschichten zeigt, daß beide Flächen sich bezüglich dieses Parameters während des gesamten Untersuchungszeitraumes in einer z.T. bewegten Entwicklung befinden. Die generell niedrigen Werte verdeutlichen den noch wenig ausgeprägten Entwicklungsgrad der biozönotischen Struktur.

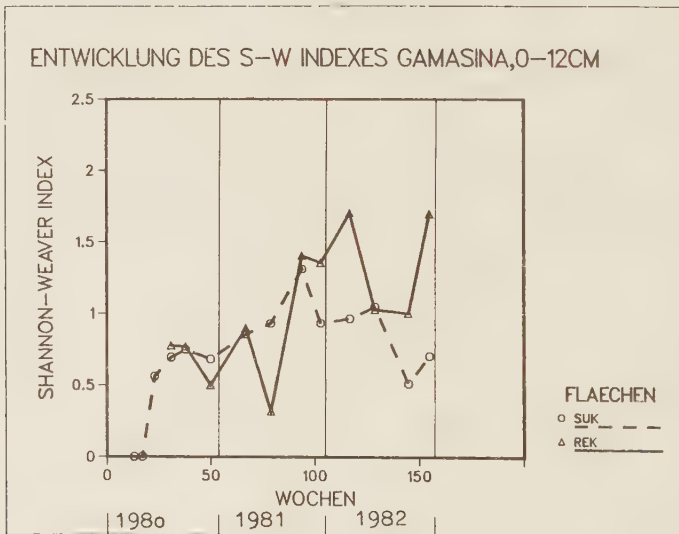


Abb.30: Die Diversität der Gamasina-Synusie, 0-12cm, im Zeitverlauf (SHANNON-WEAVER-Index).

ENTWICKLUNG DES S-W-INDEX FUER GAMASINA

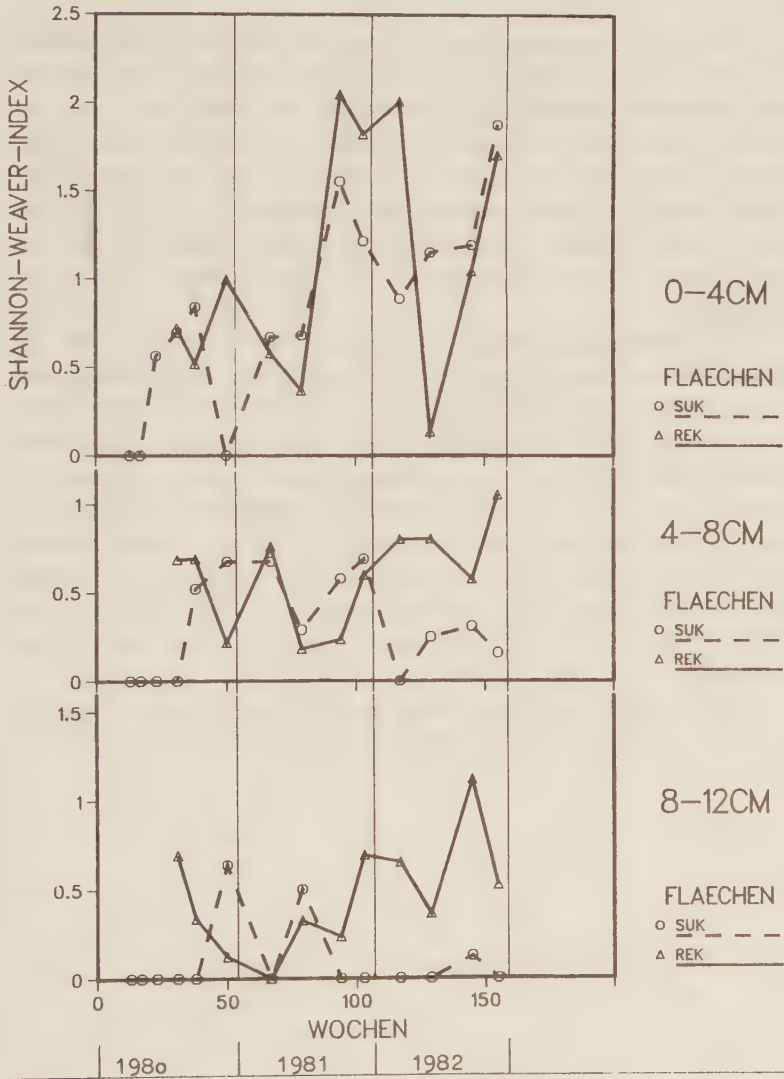


Abb.31: Entwicklung der Diversität in den einzelnen Bodenschichten
(0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm, SHANNON-WEAVER Index H).

5.7.4 Kumulative Diversität

Der Begriff der kumulativen Diversität ist etwas verwirrend, da nicht der Index, sondern die Datenbasis aus kumulativen Werten besteht, nämlich den sukzessive aufsummierten Abundanzen der Arten. Die auch von HERMOSILLA (1981) angewandte Methode zum Nachweis strukturell stabiler Phasen der Entwicklung der Synusien zeigt das Hinzukommen neuer Arten und Veränderungen der Dominanzstruktur an, es sei denn, sie betreffen vikariierende Arten. Wie in 1.2 dargelegt wurde, kann man von einer hohen Diversität jedoch nicht auf die Stabilität des Systems schließen.

Die Darstellung (Abb.32) der kumulativen Diversität für die Bodensäule von 0-12 cm zeigt auf SUK einen rapiden Anstieg während des ersten halben Sukzessionsjahres, der von einer stabileren Phase gefolgt wird, die zum Herbst 1981 beendet ist. Ein erneuter Anstieg führt auf ein während des restlichen Untersuchungszeitraumes stabiles Plateau von Werte um $H_k = 1.2$. Der Verlauf der Kurve von REK (0-12 cm) beginnt in der 31. Woche mit einem Wert, der auf SUK erst in der 38. Woche erreicht wird. Auch hier läßt sich bis einschließlich der 79. Woche die Ausbildung eines leicht ansteigenden Plateaus ablesen. In den folgenden drei Probenahmen erfolgt ein Diversitätsanstieg, der ab der 117. Woche bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes wieder abflacht.

Ein Vergleich mit der in Abb.30 dargestellten Diversität zeigt, daß die Anstiegsphasen auch dort deutlich werden.

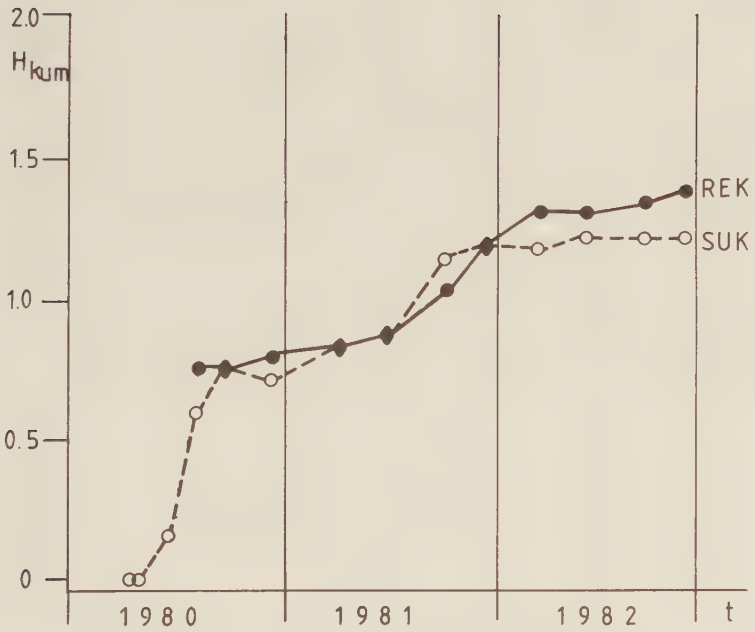


Abb.32: Kumulative Diversität der Gamasina-Synszie, 0-12 cm
(SHANNON-WEAVER Index H).

Die Aufgliederung der Datenbasis nach Bodenschichten ergibt die in Abb.33 dargestellten Kurven. Im ersten "Horizont" wird die Ausbildung von zwei Plateaus 1980 und 1982 und ein starker Diversitätsanstieg ab Herbst 1981 deutlich, der bei SUK zwischen zwei Probenahmen (79. und 94. Woche) erfolgt, auf REK jedoch noch bis zur 117. Woche andauert. Die zweite Bodenschicht von 4-8 cm zeichnet sich durch eine große Stabilität der kumulativen Diversität aus. Die großen Veränderungen des ersten "Horizontes" sind jedoch als leichter Anstieg auch hier zu bemerken. Sie schlagen auf REK sogar deutlich bis zum untersten "Horizont" durch. Es ist bemerkenswert, daß der die qualitativen Verschiedenartigkeit der Synusien der einzelnen Flächen und Horizonte nicht berücksichtigende Diversitätsindex synchrone Veränderungen der Lebensgemeinschaften nach knapp zwei Jahren Sukzession anzeigt (Ausnahme: die verarmende Lebensgemeinschaft von SUK 8-12 cm).

Der Anstieg der Diversität wird im ersten "Horizont" durch die Ansiedlung der Parasitidae hervorgerufen, in 0-12 cm (REK) von *H.angusta*.

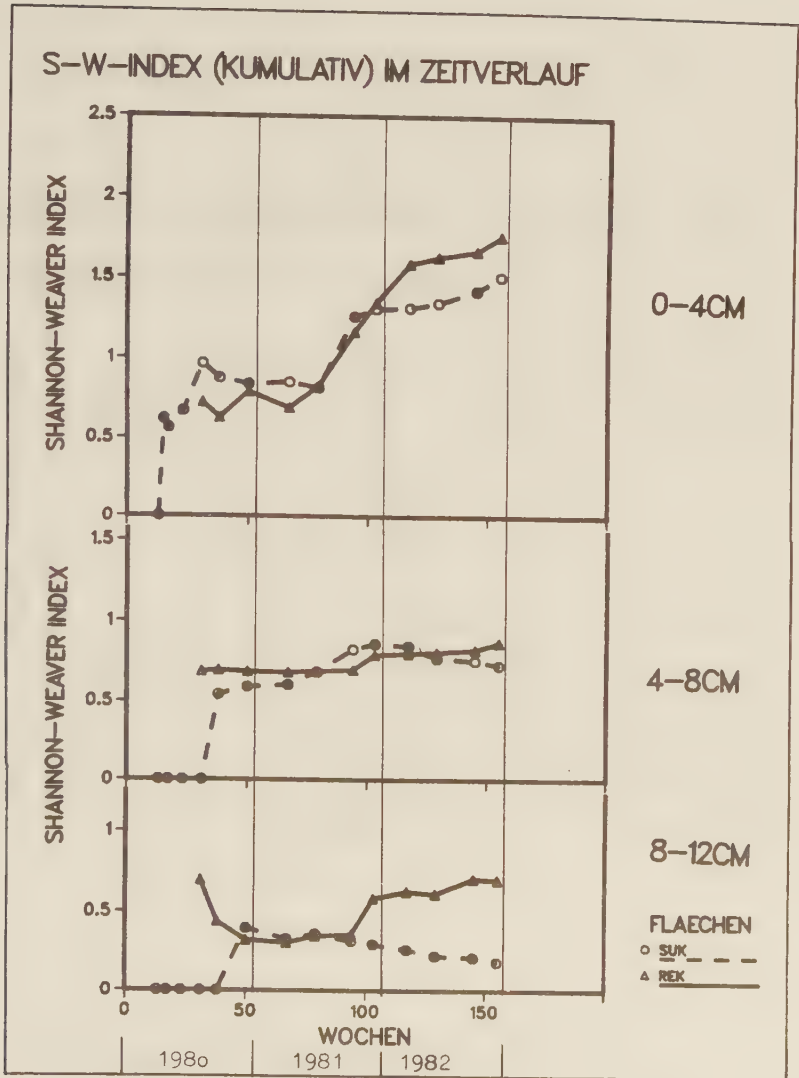


Abb.33: Kumulative Diversität der Gamasina-Synsue, nach Bodenschichten aufgliedert (SHANNON-WEAVER-Index H).

5.8.1 Die Veränderung der Gamasina-Synusie im Zeitverlauf

Die Veränderung der Artenstruktur im Zeitverlauf wurde durch die Berechnung der Arten- und Dominantenidentitäten jeweils aufeinanderfolgender Probenahmen bzw. Jahre abgeschätzt (zur Berechnung der Indices s. 2.Teil 2.2.).

Auf der Basis der Jahreswerte besitzen die Pioniersynusien beider Flächen eine geringere Artenidentität mit denen des folgenden Jahres 1981. Das Artenspektrum von 1982 unterscheidet sich auf SUK noch erheblich von dem des Jahres 1981 (Abb.34, eingesetzte Werte). Das Jahres-Artenspektrum von REK verändert sich von 1981 nach 1982 weniger als das von SUK.

Die Veränderung der Artenzusammensetzung (0-12 cm) von Probenahme zu Probenahme zeigt die Kurve in Abb.34. Es werden keine stabilen Ausbildungen von Synusien parallel zur Ausbildung von Assoziationen der Phytözönose gefunden. Die Veränderungen des Artenspektrums von Probenahme zu Probenahme sind besonders auf SUK über den Untersuchungszeitraum im Zunehmen begriffen. Auf REK sind starke Fluktuationen zu verzeichnen, doch meist ist die Ähnlichkeit der zeitlich aufeinanderfolgenden Synusien auf REK größer als auf SUK. Besonders die Befunde von SUK deuten auf das Vorhandensein einer spezialisierten Pioniersynusie, die ab Ende 1980 einen umfassenden Umbruch erfährt.

Die großen Unterschiede der Synusien aufeinanderfolgender Probenahmen von SUK gegen Ende des Untersuchungszeitraumes verdeutlichen, daß, wie in 5.3.2 angesprochen, eine Anzahl der Arten vorerst nur sporadische Immigranten sind. Ob sie Populationen aufbauen können, wird die Auswertung der Proben der folgenden Jahre zeigen.

ENTWICKLUNG DES SOERENSEN INDEX, GAMASINA, 0-12CM

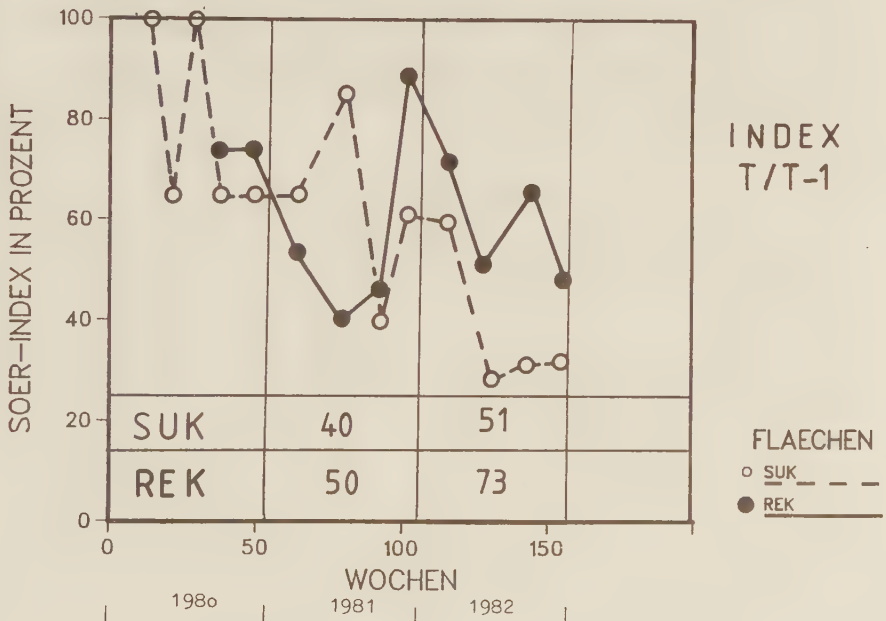


Abb.34: Entwicklung der Artenidentitäten von jeweils aufeinanderfolgenden Probenahmeterminen (0-12 cm). Eingetragen sind die Artenidentitäten der aufeinanderfolgenden Jahre (SÖRENSEN-Index).

Die Betrachtung der Synusien der einzelnen Horizonte verdeutlicht den Umbruch der Synusien von SUK Ende 1982 (Abb.35). Denn die niedrigsten Ähnlichkeiten von zwei aufeinanderfolgenden Probenahmen werden hier am Ende des Untersuchungszeitraumes gefunden, die höchsten am Anfang der Sukzession (0-Werte: keine Gamasina vorhanden). Die Veränderung des Artenspektrums geht also mit zunehmendem Sukzessionsalter schneller vonstatten als zu Anfang. Dieser Sachverhalt trifft bei SUK auch für den Horizont 4-8 cm zu, allerdings hat es den Anschein, als ob die für den oberen "Horizont" dargestellten Veränderungen hier in Zeitlupe ablaufen. Die Pioniersynusie bildet ein Plateau über 3 Probenahmetermine aus, bevor sie sich in zunehmendem Maße verändert. In 8-12 cm Bodentiefe folgt einer großen Anfangsartenidentität der sukzessiven Synusien ein Einbruch im zweiten Jahr. Danach bildet sich wiederum ein Plateau 100prozentiger Ähnlichkeit aus.

Auf REK (0-4 cm) ist eine kurze Pionierphase mit hoher Artenidentität und ab Winter 1981 die Ausbildung einer weiteren über mehrere Probenahmen stabilen Artenzusammensetzung der Synusie zu verzeichnen. Im zweiten "Horizont" finden sich auf REK in den ersten drei Probenahmen dieselben Arten (*A.cetratus*, *R.silesiacus*). Das Artenspektrum erfährt 1981 starke Umschichtungen und stabilisiert sich 1982 zusehends. In der Bodenschicht 8-12 cm sind auf REK ähnliche Verhältnisse wie in der Schicht von 4-8 cm festzustellen.

Die Veränderungen im Artenspektrum sind nicht mit der Entwicklung der Artenzahl (5.7.1) korreliert. Daraus wird deutlich, daß es sich bei den Veränderungen der Artenzusammensetzung z.T. um Umschichtungen des Spektrums handelt (Weggang einer Anzahl von Arten bei gleichzeitiger Neu/Wiederansiedlung derselben Anzahl von Arten).

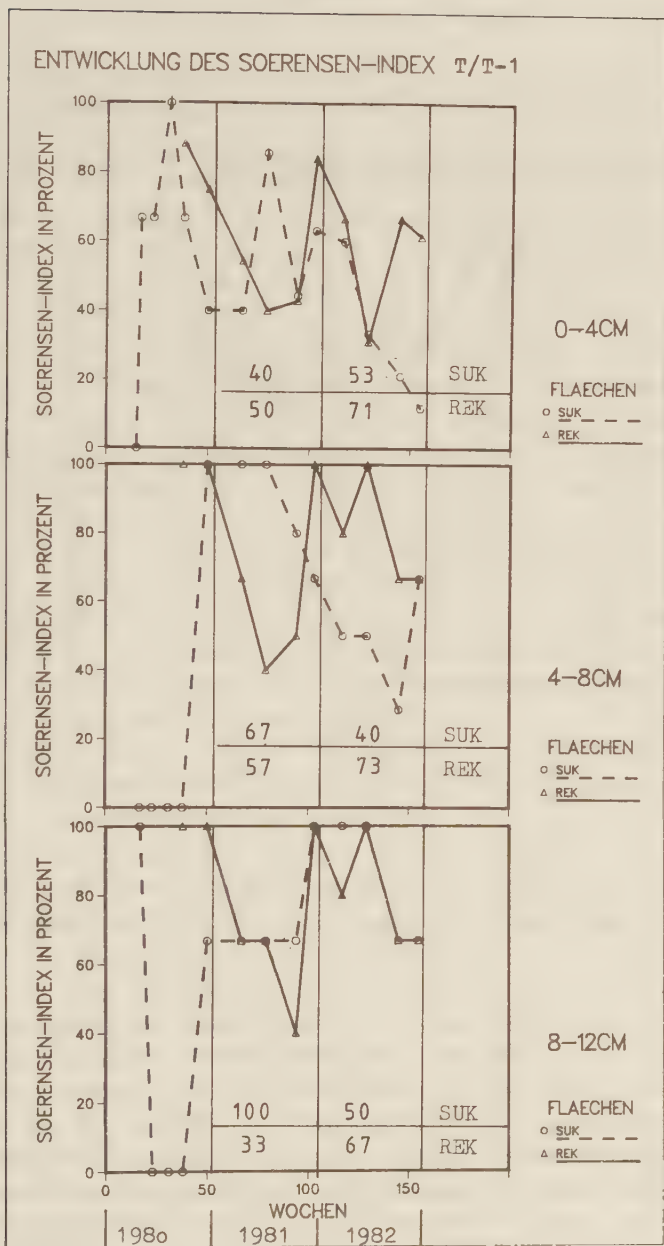


Abb.35: Entwicklung der Artenidentitäten von jeweils aufeinanderfolgenden Probenahmeterminen, aufgegliedert nach Bodenschichten. Eingetragen sind die Artenidentitäten der aufeinanderfolgenden Jahre (SÖRENSEN-Index).

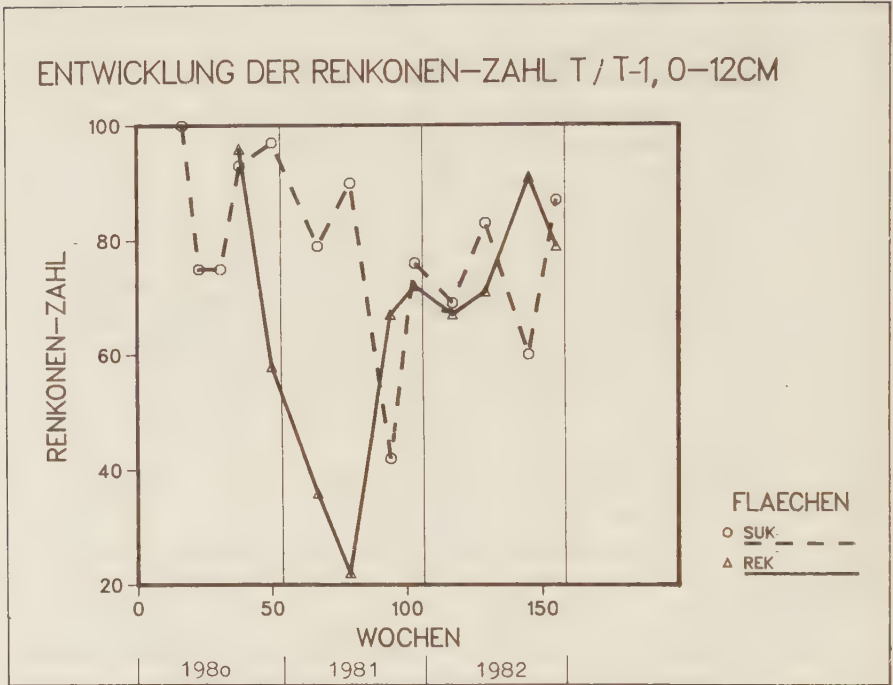


Abb.36: Entwicklung der Dominantenidentitäten von jeweils aufeinanderfolgenden Probenahmetermen, 0-12cm (RENKONEN-Zahl).

Die analoge Anwendung der RENKONEN-Zahl zur Bestimmung der Dominantenidentitäten jeweils aufeinanderfolgender Probenahmen ergibt das in Abb.36 dargestellte Bild. Im Sommer 1981 (79. Woche) erfahren die Dominanzstrukturen auf REK und im Herbst (94. Woche) auf SUK starke Veränderungen, die mit den Populationen von *A.cetratus* und *R.silesiacus* zusammenhängen: auf beiden Flächen bricht die *A.cetratus*-Population zusammen, *R.silesiacus* bleibt eudominant. Neben dieser quantitativen Verschiebung kommt es auf SUK auch zu qualitativen Veränderungen durch das Verschwinden von *S.necorniger* und die beginnende Ansiedlung der Parasitidae.

In Abb.37 sind die Verhältnisse der nach Bodenschichten aufgegliederten Stratocönosen dargestellt. Im ersten "Horizont" auf SUK ist eine trotz starker Fluktuationen abnehmende Tendenz der Dominantenidentitäten abzulesen. Geringe Ähnlichkeit besitzen die Synusien der Probenahmen der 79. und 94. Woche und die der 145. und 155. Woche. Die große Ähnlichkeit der Probenahme der 23. und 31. Woche wird von den Dominanten *A.cetratus* und *R.silesiacus*, die der 67. und 79. Woche hauptsächlich von *S.necorniger* und *A.cetratus* und die der 117. und 129. Woche wiederum von *A.cetratus* und *R.silesiacus* verursacht.

Auf REK 0-4 cm ist eine große Veränderung der Dominanten von der 67. zur 79. Woche zu verzeichnen, was auf den Rückgang der Dominanz von *A.cetratus* von 87% auf 0% zurückzuführen ist. Die hohe Dominantenidentität von Herbst/Winter 1981 (94. zu 103. Woche) beruht auf dem gemeinsamen Vorkommen mehrerer Subdominanter und Dominanter (Parasitidae) und dem der Dominanten *S.borealis* und *R.silesiacus*.

Die sukzessive Dominantenidentität nimmt auf SUK in den Bodenschichten 4-8 cm und 8-12 cm einen ähnlichen, aber nicht synchronen Verlauf. In 4-8 cm erfolgt nach einer 100%igen Dominantenidentität der Probenahmen der 38. und 50. Wochen eine Verschiebung der Dominanzen von *R.silesiacus* und *A.cetratus*, die das Tief der Kurve verursachen. Die folgende Zunahme bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes ist ausschließlich durch eine Zunahme der Dominanz von *R.silesiacus* verursacht. Dies trifft auch für den ab der 67. Woche rasch bis zu 100%iger Dominantenidentität ansteigenden Kurvenverlauf von SUK 8-12 cm zu.

Die sukzessive Dominantenidentität der Bodenschichten 4-8 cm und 8-12 cm auf REK wird anfangs von *R.silesiacus* und *A.cetratus* bestimmt. Das Tief der Kurven beider "Horizonte" im Winter 1981 wird durch das sub- bis eudominante Auftreten von *H.angusta* verursacht.

Die Synusien der Tiefe sind in ihrer Dominanzstruktur konservativer als die der oberen Bodenschicht, wo die Kurven häufig die 50%-Marke unterschreiten, was in den tieferen Bodenschichten nicht vorkommt (0-Stellen: keine Gamasina vorhanden). Die quantitativen Befunde bestätigen die in 5.3.2 dargestellte qualitative Ansprache der Synusien.

ENTWICKLUNG DES RENKONEN-INDEX T/T-1

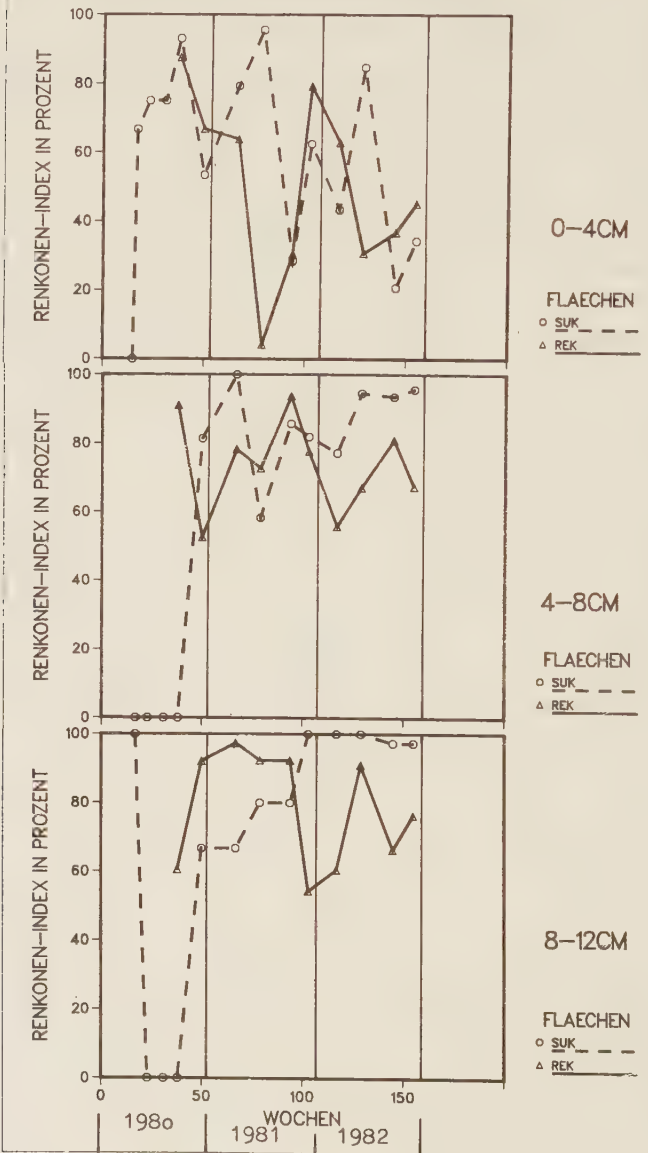


Abb.35: Entwicklung der Dominantenidentitäten von jeweils aufeinanderfolgenden Probenahmetermen, aufgegliedert nach Bodenschichten (RENKONEN-Zahl).

5.8.2 Vergleichende Darstellung der Sukzession von Phytozönose und Gamasina-Synusie.

In den Abb.38a, b sind die Sukzessionen von Phytozönose und Gamasina-Synusie (0-4 cm und 8-12 cm) plakativ dargestellt (Deckungsgrad der Phytozönose und Dominanz der Gamasina-Arten). Die Darstellung der Sukzession der Phytozönose ist WEIDEMANN et al. (1984) entnommen (verändert).

Die Dominanzentwicklung der Pioniere *A.cetratus* und *R.silesiacus* wurde schon unter 5.5 erörtert. Sie zeigt auf SUK wie auf REK keine Zusammenhänge mit der Ausbildung der Phytozönose. Die Veränderung der Bestandesstruktur scheint mit der Ausbildung der Hochstaudenflur auf SUK 1981 die Besiedlung durch *S.necomiger* zu ermöglichen, die dann mit dem Aufkommen des Gramineenunterwuchses von den Parasitidae verdrängt wird. Der Unterwuchs ermöglicht auch die Ansiedlung von *Amblyseius*-Arten, die als Bewohner von Wiesenböden und Gräsern beschrieben wurden (KARG 1971).

Die Betrachtung der Sukzession der beiden biozönotischen Kompartimente auf REK relativiert die obigen, aus Koinzidenz des Auftretens abgeleiteten Zusammenhänge etwas, indem der Sukzessionsdauer unabhängig von der Entwicklung der Phytozönose eine gewisse Bedeutung zugemessen werden muß. Denn auch auf REK finden sich die Parasitidae und weitere Arten, wie *S.borealis* und *H.angusta*, trotz hoher Deckung durch Gramineen erst im Laufe des Jahres 1981 ein, allerdings etwas früher als auf SUK. Die im Zusammenhang mit dem Aufkommen der Gramineen auf SUK gefundenen *Amblyseius*-Arten werden auf REK überhaupt nicht angetroffen.

Bindungen an Pflanzengesellschaften sind somit nicht eindeutig feststellbar. Die Ansiedlung wird jedoch deutlich durch die unterschiedliche Bestandesstruktur beeinflusst, die das Mikroklima und die Bodenverhältnisse prägt. Die weitere Entwicklung zu spezifischen, nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ unterschiedlichen Synusien wird zusätzlich von "Sukzessionsfaktoren" gelenkt, die durch die vorliegende Untersuchung nicht weiter herausgearbeitet werden konnten.

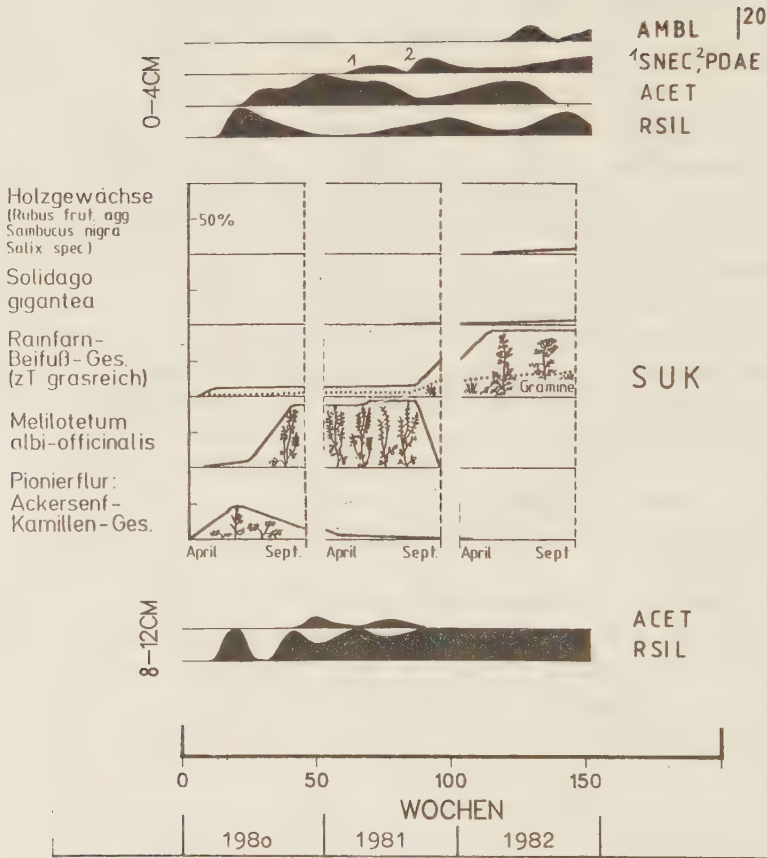


Abb.38a: Sukzession von Phytozönose (WEIDEMANN et al.1984, veränd.),
 und Gamasina-Synusien 0-4 cm und 8-12 cm, SUK.

AMBL= *Amblyseius*-Arten; SNEC= *Snecormiger*; PDAE=
 Parasitidae; ACET= *A.cetratus*; RSIL= *R.silesiacus*.

Die Kurven repräsentieren die Dominanzen der Tiere (Maß-
 stab 0-100%, außer AMBL: 0-20 %)

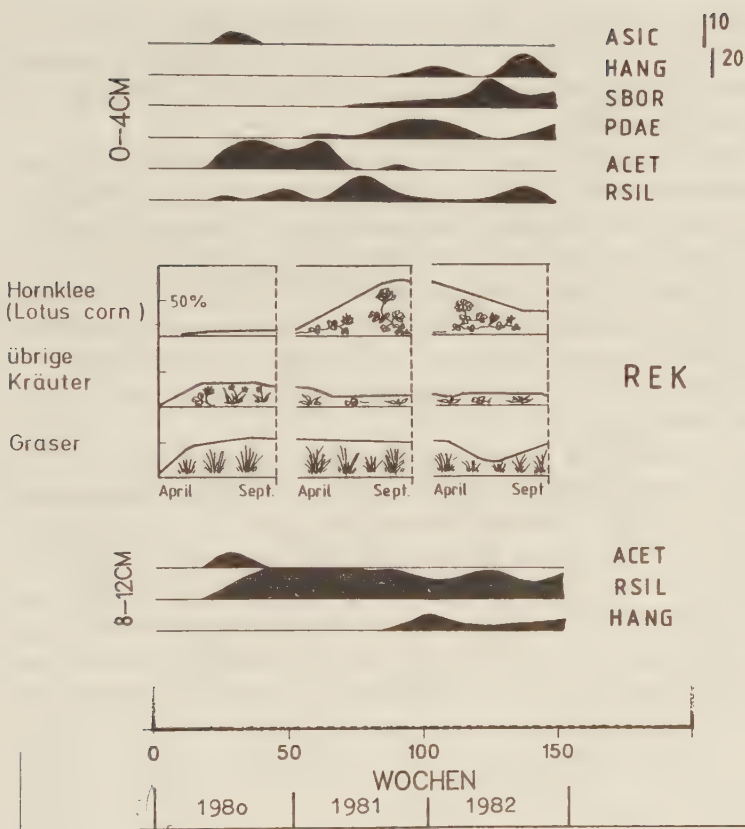


Abb.38b: Sukzession von Phytozönose (WEIDEMANN et al.1984, veränd.), und Gamasina-Synusien 0-4 cm und 8-12 cm, REK.
HANG= *H. angusta*; SBOR= *S. borealis*; PDAE= Parasitidae; ACET= *A. cetratus*; RSIL= *R. silsiacus*.
(Wie Abb. 38a, Maßstab ASIC 0-10%, HANG 0-20%).

5.9.1 Entwicklung der Flächenähnlichkeit im Zeitverlauf

Die Berechnung der Arten- und Dominantenidentitäten (SÖRENSEN-Index und RENKONEN-Zahl) auf der Basis von Jahresmittelwerten ergeben zwischen REK und SUK relativ hohe, im Sukzessionsverlauf abnehmende Ähnlichkeiten (Abb.39).

Die Aufgliederung nach Probenahmeterminen zeigt ebenfalls, daß die Artenidentität (0-12 cm) der Gamasina-Synusien der beiden Flächen zu Beginn der Sukzession höher ist als gegen Ende des Untersuchungszeitraumes (Abb.39). Im Frühsommer 1981 fällt sie vorübergehend auf unter 50%, ein Wert, der 1983 immer unterschritten wird.

Die in Abb.39 ebenfalls eingetragene Dominantenidentität pendelt in abnehmender Amplitude einem Wert von 50-60% zu. Die große Ähnlichkeit der Pioniersynusien und ihre zunehmende Differenzierung wird an Hand beider Indices deutlich.

Die abnehmende Tendenz des SÖRENSEN-Index wird bei der Aufgliederung nach den Lebensgemeinschaften der einzelnen Bodenschichten nur im ersten "Horizont" evident (Abb.40). Im zweiten sind große Unterschiede, aber auch große Ähnlichkeiten bis zu 100% zu verzeichnen, während sich im dritten nach anfänglicher Identität der Synusien eine Ähnlichkeit von ca. 55-60% einzustellen scheint. Die Unähnlichkeit der Flächen ist zum größten Teil auf das unterschiedliche Auftreten von *A.cetratus* und auf die fast ausschließlich auf REK vorkommende *H.angusta* zurückzuführen.

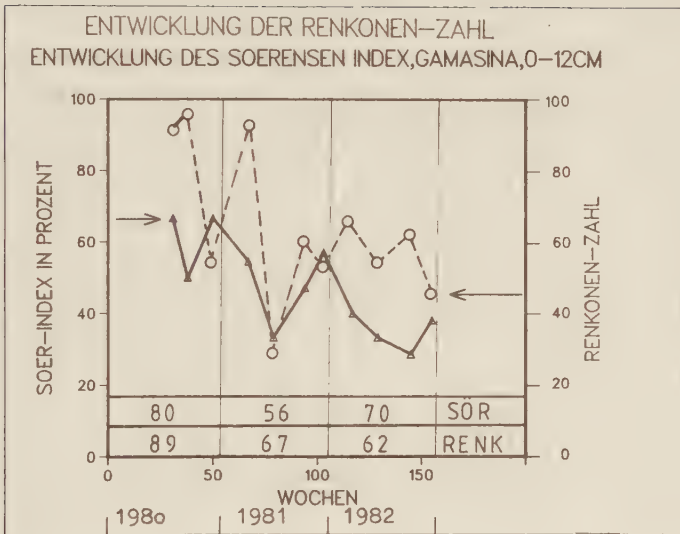


Abb.39: Die Arten- und Dominantenidentität (SÖRENSEN-Index und RENKONEN-Zahl) von SUK und REK im Zeitverlauf (0-12 cm).

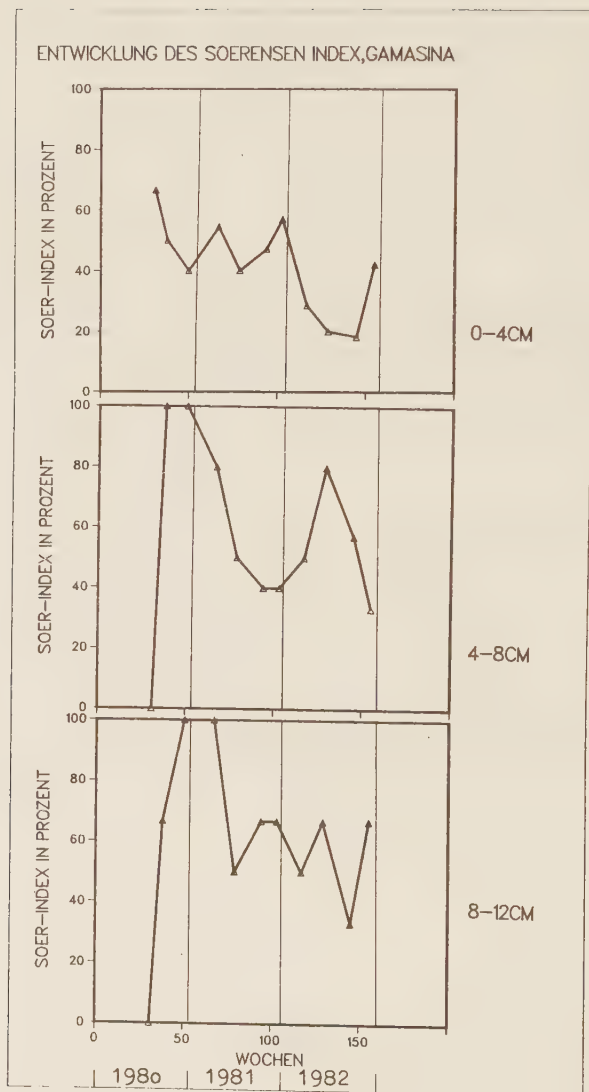


Abb.40: Die Artenidentität der einzelnen Bodenschichten von SUK und REK, SÖRENSEN-Index.

Die Entwicklung der RENKONEN-Zahl für die einzelnen "Horizonte" nimmt für 0-4 cm einen ähnlichen Verlauf wie die des SÖRENSEN-Indexes, mit ausgeprägten Minima im Sommer (Abb.41). Differentialarten sind in der 79.Woche *P.crassipes* und *R.silesiacus*, die in dieser Probenahme auf SUK lediglich eine Dominanz von 6.1 % erreicht, gegenüber 90.5% auf REK. Das Minimum in der 129.Woche ist durch die Differentialart *S.borealis* verursacht, die ausschließlich auf REK mit einer maximalen Dominanz von 97% vorkommt.

Die Dominantenidentität der Bodenschicht von 4-8 cm entwickelt sich anders als die des ersten "Horizontes". Die Tiefs der Probenahmen der 50. und 117.Woche sind auf komplementäre Dominanz von *A.cetratus* und *R.silesiacus* zurückzuführen.

Die erste wesentliche Ansiedlung von *H.angusta* auf REK in der 103. Woche schlägt sich auf Grund hoher Dominanz von *R.silesiacus* auf beiden Flächen nicht im Index nieder. Der Abfall zur 155. Woche ist indessen auf den zweiten Dominanzpeak von *H.angusta* zurückzuführen.

Die Verhältnisse im dritten "Horizont" werden von der Dominanz von *R.silesiacus* bestimmt, die auf REK anfangs durch *A.cetratus* und später durch *H.angusta* beeinflusst wird. Auf SUK ist *R.silesiacus* bis auf die 50. und 79. Woche mit 97-100% dominant. Daher sind die Dominantenunterschiede anfangs auf *A.cetratus*, später auf *H.angusta* zurückzuführen.

Unähnlichkeit auf Grund von komplementären Dominanzen gleicher Arten oder von Bewohnern derselben Bodenschicht deuten wiederum auf die geringe Synchronisierung der Populationswicklungen durch abiotische Faktoren hin.

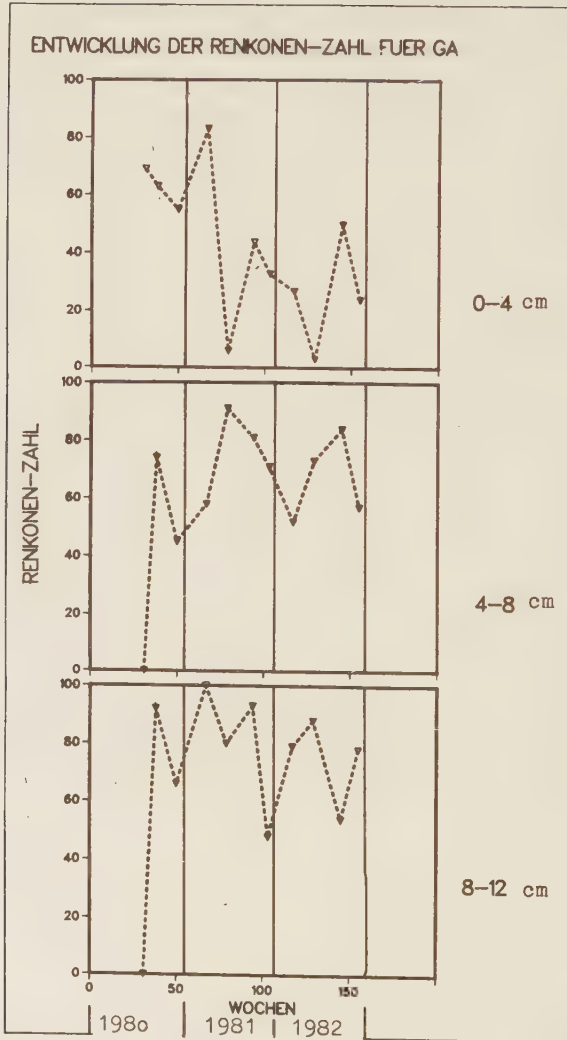


Abb.41: Dominantenidentität (RENKONEN-Zahl) der jeweiligen Bodenschichten.

5.9.2 Vergleich der Mesofauna-Synusien von SUK, REK, Deponie Brachland, Wiese und Weide

Die Mesofaunabundanzen der 1980 angelegten Deponieflächen sind im Vergleich zu den im 2. Teil dargestellten bis auf die der Oribatei sämtlich sehr hoch (Tab. 6, von REK und SUK Maximalabundanzen). Die Abundanzverhältnisse auf SUK ähneln denen des Brachlandes. REK weist eine wesentlich höhere Collembolen-Abundanz auf, die in der Größenordnung der von BERENDT & BOLTE (1984) gefundenen Werte liegt (2. Teil, Tab. 6, 130 - 200 000 Ind/m²). Diese Ähnlichkeiten unterstützen die im 2. Teil dargelegte Argumentation für die Bedeutung der Geschichte der Flächen, insbesondere ihres Sukzessionszustandes.

Tabelle 6.

Vergleich der Abundanzen von Umland, Deponie (beide 29.11.79), SUK und REK (Maximalabundanzen) in Tsd./m², 0-12 cm.

	Brachld	Wiese	Weide	Deponie	SUK	REK
Collembola	79.1	38.7	13.7	41.7	69.6	191.4
Acari	189.1	146.4	40.6	59.6	247.2	264.7
Gamasina	9.5	4.2	3.3	6.5	9.1	19.0
Oribatei	115.1	90.6	21.2	5.1	46.7	38.1

Zählt man die bei der im 1. Teil (3.3.2) beschriebenen Probenahme vom 11.12.82 (REK, 0-4) gefundenen Gamasina-Arten zu den 23 eindeutig identifizierten Arten von SUK und REK (1980 bis 1982), so wurden auf den 1980 eingerichteten Flächen im Laufe der Untersuchung 27 Arten gefunden, von denen nur 12 (= 44%) auch im Umland (2. Teil der Arbeit) auftraten. Exakt dieser Wert wurde bei der Untersuchung vom November 1979 der Deponie mit den Umlandflächen festgestellt. Mit der 1979 untersuchten Deponiefläche vor der Planierung haben REK und SUK 14 gemeinsame Arten (2. Teil). Von den 1979 auf der Deponie gefundenen 18 Arten treten 78% im Laufe der 3 Untersuchungsjahre ab 1980 auch auf REK und SUK auf. Die Artenidentitäten nach SÖRENSEN von REK, SUK, Deponie und Umland (29.11.79) sind im Ähnlichkeitsnetz von Tabelle 7 eingetragen.

Tabelle 7.

Artenidentitäten der verschiedenen untersuchten Flächen.

	Umland	Deponie	SUK
Deponie	40.8	-	-
SUK	48.1	60.0	
REK	36.6	52.6	

SÖRENSEN-Index auf der Basis der zusammengefaßten Arten-Funde (Gamasina).

Die Diversität der Gamasina-Synusien von SÜK und REK besitzen auch im dritten Sukzessionsjahr vergleichsweise noch ausgesprochen niedrige Diversitäts- und Äquitätswerte (vgl. 2.Teil, Abb.9; 3.Teil Abb. 28). Es bleibt den zukünftigen Befunden der Auswertungen der Probenahmen der folgenden Jahre vorbehalten, die Hypothese zu prüfen, ob mit fortschreitender Sukzession sich die Zunahme der Diversität und Äquität fortsetzt (bis zu Werten ähnlich denen der Deponie 26.11.79) oder ob die Synusie zunehmend von spezialisierten Arten dominiert wird (ähnlich der Wiese 26.11.79) (zu den einzelnen Sukzessionsstadien s. Diskussion 6.4).

6. Diskussion

6.1 Methodik

Die Befunde basieren auf jeweils relativ geringen Stichprobenumfängen. Wie im 2. Teil der Arbeit (3.3) gezeigt werden konnte, reicht ein Stichprobenumfang ab ca. 7 Proben für die 3jährige Deponiefläche (1979) aus, um das Artenspektrum weitgehend zu erfassen. Die für die obere Bodenschicht gewählte Stichprobengröße von mindestens 8 sollte daher eine leidlich zuverlässige Abschätzung ergeben. Die Lebensgemeinschaften der tieferen Bodenschichten wurden mit einer geringeren Probenzahl erfaßt. Da sie meist nur geringe Besatzdichten erreichen, wären aus statistischen Gründen für eine gewisse Verläßlichkeit der Abschätzung hohe Stichprobenzahlen notwendig. Auf Grund ihrer geringen Abundanzen besitzen die Lebensgemeinschaften der Tiefe eine geringere Bedeutung im Rahmen der Fragestellung. Deshalb konnte die geringe Repräsentativität der Stichproben in Kauf genommen werden. Im dritten Jahr wurde der Stichprobenumfang erhöht und erreicht in der Fortsetzung der in diesem Rahmen dargestellten Untersuchungen ab 12/83 6 Proben für alle "Horizonte". Auf Grund der Arbeitsintensität der Auszählung aller extrahierten Bodentiere konnte der Stichprobenumfang pro Probenahme die Zahl 36 nicht überschreiten.

Die Anlage des Probenahmedesigns erfolgte gemäß den Erfordernissen der Fragestellungen "Besiedlung" und "Erfassung der Sukzession auf REK und SUK". Die Problematik der Mittelwertsbildung wurde im 2. Teil (4.1) diskutiert. Sie wird in diesem 3. Teil an Abb. 10 veranschaulicht. Abundanzpeaks und folglich deren Interpretation sind zuweilen abhängig von der Art der gewählten Reduzierung des Datenmaterials der Einzelproben auf einen Einzelwert. Bei der angewandten Hochrechnung der Abundanzwerte der Stichprobe auf 1 m^2 kommen Extremwerte einzelner Mikrohabitate (Einzelproben) zum Tragen. Dies ist für die Klärung der Fragestellungen sinnvoll. Probleme ergeben sich bei dem Versuch, die Abundanzschwankungen mit abiotischen Data in Zusammenhang zu bringen, da diese bislang nur vergleichsweise großräumig für SUK und REK erhoben wurden. Derartige Korrelationen wurden in aufwendiger Weise von HUHTA et al. (1979) und LUXTON (1967) durchgeführt, wobei kein essentieller Informationszuwachs erzielt werden konnte. Vielversprechend scheint die

Anwendung der Ordinationsanalyse zu sein (ANDREN & LAGERLÖF 1978, PARR 1978, WHITTAKER 1975). Veränderungen des Mikrohabitats sollen durch folgende Untersuchungen der aufbewahrten Bodenkörper der Einzelproben belegt werden, die kleinräumlichen mikroklimatischen Besonderheiten können jedoch nicht mehr erfaßt werden. Hier gibt es auch bei der aktuellen Datenerfassung prinzipielle Hindernisse.

Die Abschätzung der Wohndichten der verschiedenen Böden ist abhängig von der möglicherweise spezifischen Extraktionseffizienz, auf deren Optimierung mit den im 1. Teil dargelegten Befunden viel Wert gelegt wurde. Diese Arbeiten konnten die geringe Effizienz der Methode für Juvenile jedoch nicht aus der Welt schaffen. Die Analyse der Populationsstruktur (5.6) basiert daher auf einer im Vergleich zu den adulten für die juvenilen Stadien relativ geringeren Effizienz der Extraktion.

6.2 Die Sukzession der Mesofauna

Die Abundanzentwicklungen der Milben und Collembolen erfahren durch die Rekultivierungsmaßnahme eine erhebliche "Initialzündung", die jedoch nicht von Dauer ist. Eine verstärkte Anfangsbesiedlung ist auch auf SUK zu finden. Die Begründung dieser starken Populationsentwicklungen der frühen Sukzessionsphasen sind in mehreren Faktorenkomplexen zu suchen.

BORMANN & LIKENS (1979) charakterisieren den Beginn der sekundären Sukzession ("reorganization phase") mit einem Verlust der biotischen Regulation, der eine zeitlich begrenzte Zunahme der Ressourcen- Verfügbarkeit (Wasser, Nährstoffe, Strahlungsenergie an der Bodenoberfläche) zur Folge hat. Die leichte Verfügbarkeit der Nährstoffe äußert sich z.B. im hohen Nitratanteil des Sickerwassers (SCHULZ et al. 1985). Die hohen Anteile der in den Boden gelangenden Strahlungsenergie zu Anfang der Sukzession stellte SCHRIEFER (1984) dar.

Die Veränderung der Ressourcen- Verfügbarkeit ist mit einer Aktivierung der Reproduktions- und Wachstumsstrategien verbunden. SCHULZ, VOLLMER & MATHES (1985) wiesen einen direkten Zusammenhang von extremen Trockenperioden im Sommer (Wassersaugspannung unter PWP) und dem N_{min} -Gehalt des Bodens nach. Ein rapides Anwachsen des Mikroflora- und Fungi-Besatzes fanden VOLLMER & GEFKEN (1985) während der ersten 6 Monate nach Schüttungsende der 1982 eingerichteten SUK1/REK1-Flächen. BAWEJA (1936) zeigte, daß das für die Sterilisierung des Bodens angewandte Erhitzen eine Erhöhung des N_{min} -Gehaltes um den Faktor 5-10 zur Folge hatte. Er führt die starke Erhöhung des Mesofaunabesatzes und besonders der Collembolen auf den sterilisierten Versuchsflächen auf indirekte Effekte über die Nahrung zurück. VANNIER (1980) wies in einem Bodensterilisierungsexperiment einen direkten Zusammenhang von Collembolendichte und Bakterienbesatz nach. Die hohe klimatische Amplitude der unbegrünten Flächen zu Beginn der Sukzession, es wurden bei starker Sonneneinstrahlung und dunklem Sand bis zu 60°C an der Bodenoberfläche gemessen, kann einen physikalischen Aufschluß von organischem Material bewirken, wodurch analog zur Erhitzung Nährstoffe freigesetzt werden. In seinen "Untersuchungen über die Bodenfauna im Ackerboden" stellte GRAFF (1964) vorübergehende Aktivitätssteigerungen der Lumbriciden nach Streubedeckung fest. Der Autor führt dies auf eine durch die leicht zersetzbaren Stoffe des Stroh hervorgerufene Förderung der Mikroben zurück, die jedoch nur vorübergehend ist, da die leicht zersetzbaren Materialien bald abgebaut sind.

Der Zusammenhang von Mikroflora und Mesofauna wird über die Nahrung hergestellt; denn ein großer Teil der Bodenmesofauna weidet Bakterienrasen ab oder frißt Sporen, Hyphen und Algen (Microphytophage; ANDERSON 1975, CROSSLEY 1977a, WALLWORK 1967). HAGVAR & KJÖNDAHL (1981) fanden, daß Pionier-Collembolen sich ausschließlich von Sporen und Pilzhypen ernähren. Die Entwicklung der Mesofauna ist weiterhin mit ausreichender Bodenfeuchte, Temperatur und mit der Veränderung dieser Parameter (mikroklimatische Amplitude) verknüpft (ASHRAF 1971, KARG 1967). Wechselnde Temperaturen verkürzen die Dauer des Eistadiums bei einigen Oribatidenarten (LEBRUN 1977). Eine Bodenbedeckung hat daher auch unabhängig vom indirekten Effekt eine direkte Wirkung auf die Mesofauna über die Beeinflussung des Mikroklimas.

Die Entwicklung der räuberischen Bodentiere hängt mit der durch die Mikroflora gesteuerten Ausbildung der Beutepopulationen zusammen (z.B. Nematoden und Rotifera, Enchytraeiden, Kleinarthropden). SOHLENIUS (1982) stellte eine durch Feuchtigkeitsverhältnisse beeinflusste starke Populationsentwicklung der Nematoda nach Kahlschlag fest. Der folgende Abundanzrückgang der Nematoden erfolgte simultan mit dem der Mikroben. Es ist wahrscheinlich, daß die Entwicklung der nematodenfressenden Gamasina (z.B. *A. siculus*, *H. angusta*, *A. cetratus*, *R. silvaticus*, *S. necromiger*, *S. borealis*; KARG 1982b, 1983) der Abundanzdynamik ihrer Beuten folgen. Leider blieben die Nematoda bei der vorliegenden Untersuchung unberücksichtigt, so daß dies nicht belegt werden kann. Die mikrobielle Entwicklung ist wohl auch verantwortlich für die von MORITZ (1965) festgestellten starken quantitativen Veränderungen der Abundanz und des Dominanzgefüges bei Oribatidengemeinschaften norddeutscher Mischwälder nach Kahlschlag. Qualitative Veränderungen wurden nicht nachgewiesen.

Das Mikroklima beeinflusst die Freisetzung von Nährstoffen (BORMANN & LIKENS 1979). Weiterhin steuern das Mikroklima und die Substratqualität die Aktivität und Besatzdichte der Mikroflora (MATHES & SCHRIEFER 1984, VOLLMER & GEFKEN 1985). Die direkten und indirekten Effekte sind nicht voneinander zu trennen, ebenso wenig wie die Faktorenkomplexe in Quantitäten der Einzelelemente aufgelöst werden können (STRENZKE 1952). "Innerhalb des Verträglichkeitsbereiches haben die indirekten (biogenen) Wirkungen abiotischer Umweltfaktoren einen größeren Einfluß auf die Existenz und den Massenwechsel von Bodentieren, als die direkten" (v. TÖRNE 1961). Hier wird eine hierarchische Abstufung

der Bedeutung der Faktoren ausgesprochen: die obigen Argumente gelten nur, wenn die abiotischen Faktoren keine Werte außerhalb des Verträglichkeitsbereiches annehmen.

Faßt man diese Informationen zusammen, so kann das Zustandekommen der anfänglichen, zeitlich begrenzten Abundanzpeaks folgendermaßen gedeutet werden: Die "harten" klimatischen Bedingungen nach der Planierung mit einer hohen Temperaturamplitude setzen Nährstoffe frei, die die Entwicklung der Mikroben unter gegebenen günstigen Bedingungen stark fördern. Als Folge davon kommt es zu Populationsexplosionen der microphytophagen und saprophagen Bodentiere, die wiederum den Prädatoren als Nahrung dienen. Voraussetzung für Populationswachstum sind entsprechende Umweltbedingungen, die durch einen ca. 50 %igen Vegetationsschluß gewährleistet zu sein scheinen: verhältnismäßig ausgeglichenes Mikroklima und relativ hohe Bodenfeuchte. Die Vorbereitung der Ansaat durch Fräsen schafft mehr Lebensraum (Poren) für die Mesofauna und verbessert die Durchlüftung, wodurch der Boden von REK höhere Besatzdichten tragen kann. Die feinen oberflächennahen Wurzeln der Gramineen stellen eine leichter verfügbare Nahrungsquelle dar als die z.T. massiven Wurzeln der Sukzessionsvegetation, die sich zu einem großen Teil auch in die Tiefe erstrecken. Die relativ rasche Reaktion der Mesofauna auf die Umweltverhältnisse zeigt, daß es sich um stark r-selektierte Tiere handelt. Das im Boden vorliegende Substrat ist nach einer gewissen Zeit abgebaut, und die Phytozönose hat, wie die bodenanalytischen Daten belegen, noch keinen essentiellen Input an leicht zersetzbarem Material geliefert. Es kommt zum Niedergang der Mikroflora mit Folgen für das gesamte wenig komplexe Nahrungsnetz, die sich im Zusammenbruch der edaphischen Populationen äußern.

Die Primärbesiedlung (bis 27. Woche) der tieferen Bodenschichten auf SUK durch Acari hängt mit den unwirtlichen Klimabedingungen der Bodenoberfläche und dem Vorhandensein von einigen Tiefenbewohnern zusammen, die anscheinend die Planierung überlebt hatten. Die Einschränkung der Besiedlung durch das geringe Porenvolumen wird damit relativiert: denn selbst in 0-12 cm Tiefe ist offensichtlich Lebensraum für schmale Formen der Mesofauna vorhanden.

Das erste Auftreten juveniler Stadien der Gamasina und damit der Aufbau der Populationen erfolgt mit der 23. Woche auf SUK bei *R.silesiacus* und *A.cetratus* in der obersten Bodenschicht (Anhang B6), trotz der widrigen Klimaverhältnisse. Auf REK werden bei der ersten Probenahme hohe Anteile von Jugendstadien der beiden Arten in der Tiefe gefunden. Als Hypothese kann daraus abgeleitet werden, daß zwar auf SUK Lebensraum für die Tiefenbewohner existiert, der aber im Vergleich zu REK nicht sehr ausgedehnt und/oder von schlechter Qualität ist. Der Mangel an größeren Poren und die oberflächliche Verschlämmung behindern die Durchlüftung des Bodens von SUK, so daß die Anfangsentwicklung der Populationen auf die obere Schicht beschränkt bleibt. Auf REK sind durch das Fräsen Grobporen geschaffen worden, die eine ausreichende Durchlüftung gewährleisten. Die Bedeutung der Durchlüftung des Bodens für die Besiedlung durch Bodentiere wurde von SCHIMITSCHEK (1938) und NAGLITSCH (1963) herausgestellt. Die unterschiedliche Durchlüftung der Flächen ist von SCHRIEFER (1984) belegt.

Die Besiedlung der Flächen durch Collembolen erfolgt durch windverdriftete, relativ trockenresistente Arten mit kurzen Lebenszyklen (*r*-Strategen; BODE 1975, DUNGER 1968, 1975, HERMOSILLA 1980, HUTSON & LUFF 1978), die nach einer oberflächlichen Pionierbesiedlung vorübergehend in die Tiefe wandern, bis die Umweltbedingungen die stärkere Besiedlung der oberen Bodenschichten erlauben. Die Collembolensynusie wird durch die Grasansaat auch im weiteren Zeitverlauf stark beeinflusst. Die durch sie verursachte höhere Bodenfeuchte kommt den Collembolen besonders zu Gute, da sie auf Trockenheit sehr sensibel reagieren (ASHRAF 1971, VERHOEF 1977). Zwar sind ihre Abundanzen auf REK und SUK am Ende des hier dargestellten Untersuchungszeitraumes fast gleich, doch zeigt die Wohndichte der Synusie auf SUK einen Aufwärtstrend, während die auf REK einen starken Zusammenbruch erleidet, der eine Folge des trockenen Sommers sein kann, der auf REK katastrophale Trockenschäden verursacht hat. Für die Acari insgesamt nimmt der Effekt der Rekultivierung im Laufe des zweiten Sukzessionsjahres ab. Es erfolgt eine Angleichung der Abundanzen und der Populationsdynamik.

Nach dem Abklingen der mehr oder weniger stürmischen Erstbesiedlung, die von Besiedlungszentren und vom Rand der Flächen aus wohl hauptsächlich über Windverdriftung erfolgte, beeinflussen schwer nachzuweisende Interaktionen der biozönotischen Kompartimente zunehmend die Entwicklung der Bodentiere. Ähnlich der räumlichen Gliederung der mikroklimatischen Verhältnisse, die ANDERSON (1977) beschreibt, kommt es zu einer zeitlichen Abfolge mikroklimatischer Zustände, die mit einer Zunahme der Habitatkomplexität einhergehen. Mildes und stabiles Mikroklima fördern die Ansiedlung von Arten geringerer physiologischer Plastizität. "Biotische Interaktionen, Feinddruck (predation) und Konkurrenz sind dann für die Organisation der Lebensgemeinschaft (species assemblages) bedeutender als abiotische Faktoren" (ANDERSON 1977, S.21, Übers. v. Verf.). Bei der Betrachtung des Milieus des Mesofauna-Subsystems sind besonders die unterschiedlichen Ausbildungen der Phytozönosen von SUK und REK zu diskutieren. Die bei "normalen" Witterungsbedingungen feuchtere REK-Fläche ist gegenüber langandauernden Trockenphasen weniger stabil als SUK, d.h., sie vertrocknet, wodurch die schützende Pflanzenschicht lückig wird (Rückgang des Deckungsgrades). Die meist günstigen Feuchtigkeitsverhältnisse für die Mesofauna können somit von ungewöhnlichen Katastrophen unterbrochen werden. Dies ist bei der generell niedrigere Bodenfeuchten aufweisenden SUK-Fläche nicht der Fall.

Mit den Besonderheiten der Bestandesstruktur hängt auch die geringere Fluktuation zahlreicher Variablen auf SUK zusammen: die abiotischen Verhältnisse auf SUK sind von einer gewissen Hysterese gekennzeichnet und damit für die Organismen besser "vorhersagbar", aber dabei suboptimal. Die wenigen Populationen, die sich ausbilden können, entwickeln sich daher relativ langsam, aber stetig. Auf REK kommt es auf Grund zeitweilig guter Lebensbedingungen zu heftigen Populationsentwicklungen. Doch ist die Umwelt stark vom Klima abhängig und von "unvorhersehbaren" katastrophalen Qualitätseinbrüchen betroffen, die die Persistenz der hohen temporären Bevölkerungsdichten unmöglich machen. Eine Umwelt mit hoher "Vorhersagbarkeit" (predictability) wird verstärkt von K-selektierten Organismen besiedelt (MAY 1978). Der frühe Sukzessionsstatus erfordert mit seinen suboptimalen Bedingungen (SUK) jedoch noch ein hohes Maß an r-Strategie.

Die Menge und Verteilung der organischen Substanz wirken als räumliche, physikalische und trophische Parameter auf die Bodentiere ein. Der Rasen bildet schon frühzeitig einen dichten Wurzelfilz aus, der sich zwar nur bis in geringe Tiefe erstreckt, aber doch den wesentlichen Lebensraum der Bodentiere umfaßt. Der Gehalt des Bodens an organischer Substanz nimmt im Sukzessionsverlauf meßbar nur geringfügig zu (0-5 cm, Tab.2), ist aber bei augenscheinlicher Betrachtung evident. Grobwurzeln nehmen auf REK im Gegensatz zu SUK nur einen sehr geringen Anteil ein. Die organische Substanz ist also relativ fein dispers und den Saprophagen gut zugänglich. Auf SUK wird zwar eine höhere Wurzelproduktion als auf REK erreicht (MÜLLER mündl.), die aber als Nahrungsquelle weniger Bedeutung besitzt, da sie sich in einem starken, weit verzweigt in die Tiefe reichenden Wurzelsystem manifestiert. Die Verteilung der organischen Substanz ist stärker in der Nähe der relativ vereinzelt stehenden Pflanzen lokalisiert, und der Lebensraum der Bodenfauna wird weniger vom Wurzelsystem geprägt. Aus diesen Gründen ist die Bedeutung der durch die Phytozönose hervorgerufenen räumlichen, physikalischen, chemischen und trophischen Einflüsse auf die Bodenmesofauna auf REK größer als auf SUK, auch wenn die Wurzelproduktion und die von SCHRIEFER (1984) angegebene Zunahme an organ. C auf SUK wesentlich größer sind als auf REK.

NAGLITSCH & STEINBRENNER (1963) fanden in einem dreijährigen Futterfruchtfolgeversuch die höchsten Besiedlungsdichten durch Collembolen auf der Wiesenparzelle im Vergleich zum Anbau von Hafer, Rüben, Kartoffeln und Luzerne. Als Ursachen führen die Autoren die gut isolierende Streuschicht, die reiche Durchwurzelung der obersten Bodenschicht und das damit verbundene große Nahrungsangebot, die durch die Bestandesstruktur bedingten günstigen Beschattungsverhältnisse und das verhältnismäßig hohe Porenvolumen an, Faktoren, die auch auf REK bestimmend sind. Die von SCHRIEFER (1984) auf REK gemessene höhere Evapotranspiration schafft die besonders für die Entwicklung der Collembolen notwendige hohe Luftfeuchte - solange die Trockenheit keine katastrophalen Ausmaße annimmt, die sich in einem Zusammenbruch der Grasvegetation äußert.

Sehr hohe Wachstumsraten auf Grund günstiger Umweltverhältnisse bei hoher intrinsischer Wachstumsrate r haben nach dem logistischen Modell für Populationswachstum zur Folge, daß die carrying capacity des Systems weit überschritten wird. Dies führt wegen der geringen Dämpfung eines solchen Systems, die z.B. von time-lag-Parametern beeinflußt werden kann, zu einem starken Zusammenbruch der Population (KREBS 1972). Der Abundanzniedergang ist umso vehementer, wenn die carrying capacity gleichzeitig in Folge katastrophaler Ereignisse geringer wird (z.B. fehlender Nahrungsinput nach Trockenheit).

Es zeigte sich, daß es schwierig ist, aktuelle klimatische Ereignisse in Zusammenhang mit der Abundanzentwicklung der Bodentiere zu bringen. Dazu wäre ein engeres zeitliches Probenahmeraster notwendig (MASSOUD et al. 1983). Die Veränderungen der Populationsdichte (N) sind durch die demographischen Parameter b (Geburtenrate) und m (Mortalität) bedingt: $dN/dt = (b-m)N$ (KREBS 1972). Wirkungen externer Parameter auf die Geburtenrate werden erst nach einer erheblichen Zeitverzögerung deutlich, insbesondere bei den Bodentieren, die z.T. nur ein bis zwei Generationen im Jahr haben. Innerhalb des time-lags können weitere, auch nicht-klimatische Faktoren die Populationsentwicklung beeinflussen, so daß sich überlagernde, evtl. synergistische Effekte ergeben, die nicht in Kausalketten aufgelöst werden können (ANDREN & LAGERLÖF 1983).

So kann der heftige Abundanzniedergang der von Winter 1981 (103. Woche) bis Herbst (145. Woche) rasch aufgebauten Acari-Population zum Winter 1982 (155. Woche) eine Folge des trockenen Sommers und/oder eine Folge des Überschreitens der "carrying-capacity" des Systems sein. Die Trockenheit wird an den synchronen biotischen Data außer bei den stark r -selektierten Tyroglyphiden jedoch nicht evident.

Die Abundanzentwicklung (Jahresmittelwerte) der Acari verläuft in ähnlichen Größenordnungen wie die der von HUTSON & LUFF (1978) beschriebenen, die auf den Sukzessionsflächen einer Bergwerkshalde im ersten Jahr 4-22 Tsd. Ind./m² (0-10 cm) und im zweiten Jahr 38- 55 Tsd. Ind./m² fanden (SUK/REK 1980: 12/69 Tsd. Ind./m²; 1981: 39/50 Tsd. Ind./m²). Die von HUTSON (1980) detailliert dargestellte Entwicklung der Acari verläuft auf einer mit REK vergleichbaren Fläche langsamer, so daß ein Maximum mit 131 Tsd. Ind./ m² erst nach 12 Monaten erreicht wurde, im Gegensatz zu den 130 Tsd. Ind./m², die auf REK schon nach 3 Monaten als vorübergehendes Maximum auftraten.

Als Pioniere wurden in der englischen Untersuchung die auf SUK und REK ebenfalls frühzeitig auftretenden Nanorchestidae, aber weniger Mesostigmata gefunden.

Die Collembolenabundanzen der o.g. Halden differieren mit Werten von 3, bzw. 54 Tsd. Ind./m² (1971, bzw. 1972) besonders im zweiten Jahr stärker von den Jahresmitteln von SUK und REK (SUK/REK 1980: 5/57 Tsd. Ind./m²; 1981: 24/83 Tsd. Ind./m²). In der Untersuchung von DUNGER (1968) erreichen die Collembolen zu Anfang der Sukzession eine Besiedlungsdichte von max. 5 Tsd. Ind./ m², nach drei Jahren 62 Tsd. Ind./m². Dies entspricht den Befunden von SUK (1982: 52 Tsd. Ind./m²).

Die zusammengestellten Daten der Sukzessionsflächen bewegen sich in vergleichbaren Größenordnungen und scheinen typisch für Brachlandsukzessionen armer Böden zu sein: Im ersten Sukzessionsjahr 10-15, im zweiten 40-50 Tsd. Acari/m² und in der gleichen Reihenfolge ca. 5, 25-50 und im dritten Jahr 50-60 Tsd. Collembola/m².

6.3 Die Gamasina-Synusie im Sukzessionsverlauf

Einige der hier angesprochenen Zusammenhänge bezüglich der Ausbildung der Synusien wurden im 2. Teil anläßlich des Flächenvergleichs diskutiert. Ihre Darstellung aus anderer Sicht erweitert die Aussagekraft.

Die Zusammensetzung der Gamasina-Synusien divergiert auf beiden Flächen mit zunehmender Laufzeit der Sukzession. Die Pioniersynusien beider Flächen sind sich trotz unterschiedlicher Gesamtabundanz sehr ähnlich und das bei charakteristisch ausgeprägten unterschiedlichen Phytocönosen. Die Vegetation bestimmt über ihre Struktur das mikroklimatische Milieu und beeinflußt damit zu Anfang mehr die quantitative als die qualitative Zusammensetzung der Mesofauna (MACFADYEN 1952, MORITZ 1963, MÜLLER 1959). Die Sukzession der Bodentiere wird gesteuert durch Veränderungen des Lebensraumes, des Substrats und des Mikroklimas, die durch die Sukzession der Phytozönose geprägt sind. Für die Anfangsentwicklung der Gamasina-Synusie spielen neben den 'harten' mikroklimatischen Verhältnissen die Qualität und Quantität des Lebensraumes eine Rolle. Die abiotische Regulation ist zu Anfang der Sukzession so stark, daß nur Spezialisten Populationen aufbauen können. Diese unterdrücken im Verlauf der Sukzession im Gegensatz zu EGLERs (1954) pflanzensoziologischem Modell der "initial floristic composition" nicht die Entwicklung späterer Populationen. Eine gewisse Ausnahme sind *A.cetratus* und *R.silesiacus*. Obwohl sich ihre Nischen bezüglich ihrer Phänologie unterscheiden, sind Interaktionen zwischen den beiden Arten wahrscheinlich (2.Teil, 5.6). Die alternierende Dominanz und die Verdrängung von *A.cetratus* aus den tieferen Bodenschichten sind Indizien für die angesprochene Konkurrenz mit *R.silesiacus*. Die Interaktionen sind sicher direkter Natur und werden nicht über Veränderungen der Umwelt hergestellt. Letztere werden durch die Vegetation bewirkt. Im Verlauf der Sukzession treten mit der Entwicklung der phytozönotischen Bestandesstruktur zunehmend Differentialarten auf. Diese sind überwiegend subdominant und daher keine "Kennarten" des Biotops, sondern "Trennarten" (MIYAWAKI et al. 1977, entsprechend FRENZELs 1936 Leitformen, bzw. Charakterarten).

Die Anfangsphase ist durch Artenarmut gekennzeichnet. Die Zunahme der Artenzahl ist wesentlich stärker als die der Abundanz, insbesondere auf REK, wo die Abundanz bei zunehmender Artenzahl sinkt. Dieser Sachverhalt äußert sich auch im Diversitätsindex.

Auf Grund der widrigen mikroklimatischen Verhältnisse der frühen Sukzessionsphase finden Oberflächenbewohner erst später Lebensmöglichkeiten. Die von RUSEK (1978) angegebene Primärbesiedlung durch epigäische Tiere konnte für die Gamasina nicht bestätigt werden. Es ist erstaunlich, daß ein typischer Bodenbewohner wie *R.silesiacus* über eine offensichtlich hohe Verbreitungskapazität verfügt. Der andere Pionier, *A.cetratus*, bewohnt neben den tieferen Schichten auch die Bodenoberfläche. Die Art und die mit ihr zusammen am Anfang der Sukzession auf REK vorkommende *A.siculus* nutzen Phoresie für die Verbreitung (BINN 1972).

Die verschiedenen Zusammensetzungen der Mesofauna und der Gamasina-Synusie sind Sukzessionsstadien und keine Produkte von Lebenszyklen oder klimatischen Fluktuationen (5.2.1, 5.3.2, Abb.38). Die frühzeitigen Funde von Jugendstadien der dominanten Populationen ab den ersten Sukzessionswochen (23.Woche) belegen die Existenz eigenständiger Populationen, deren Dynamik im Gegensatz zu Sukzessionen in Kleinhabitaten (litter bags) nicht von Immigrationswellen geprägt wird. In diesen Experimenten kann die Immigrationsrate zum wichtigsten, die Populationsgröße bestimmenden Faktor werden (HAGVAR & ABRAHAMSEN 1980). Solche Verhältnisse haben somit große Ähnlichkeit mit einem Inselstandort (MACARTHUR & WILSON 1969).

Die in Tab.8 zusammengestellte Charakterisierung der Synusien von SUK und REK der einzelnen Jahre ist nicht im Einklang mit den Befunden anderer Autoren, von denen die von HUHTA et al (1979) am ehesten für einen Vergleich geeignet wären. Die Unterschiede sind auf das wesentlich nährstoff- und kohlenstoffreichere Substrat der mit Klärschlamm angereicherten Böden der finnischen Untersuchung zurückzuführen.

Tabelle 8.

Zusammenstellung des dominanten Auftretens einiger Gamasina-Arten im Sukzessionsverlauf.

Autor		Sukzessionsalter	
PARR 1978	früh <i>H. claviger</i>		spät <i>Pergamasus</i> spp.
WHELAN 1978		2 Jahre Brachl. <i>A. siculus</i> <i>A. cetratus</i> <i>Pergamasus</i> spec.	4 Jahre Brachl. <i>A. cetratus</i> <i>Pergamasus</i> spp.
HUHTA et al. 1979	früh <i>Macroch.</i> spp. <i>Parasitus</i> spp. <i>Dendrol.stm.</i>	mittel <i>A. siculus</i> <i>A. cetratus</i> <i>Dendrol. spec.</i>	spät <i>Dendrol. strenskei</i>
SUK	1980 <i>A. cetratus</i> <i>R. silesiacus</i>	1981 <i>A. cetratus</i> <i>R. silesiacus</i> <i>S. necomiger</i> <i>P. septentrion.</i> (<i>H. claviger</i>)	1982 <i>R. silesiacus</i> (<i>Macroch. spp.</i>)
REK	<i>A. cetratus</i> <i>R. silesiacus</i> (<i>A. siculus</i>)	<i>A. cetratus</i> <i>R. silesiacus</i> <i>Parasitus</i> spp.	<i>R. silesiacus</i> <i>S. borealis</i> <i>H. angusta</i> <i>Parasitus</i> spp.

Dendrol.stm. = *Dendrolaelaps stammeri*

(....) = sporadisches Auftreten einer in der Literatur angeführten Art auf SUK und REK.

Die im zweiten Teil diskutierte Toleranz von *A.cetratus* gegenüber Feuchteschwankungen wird durch die vorliegenden Befunde des dritten Teils bestätigt. Die Bedeutung des Substrates (Gehalt an organ. Substanz, KARG 1971, 1982a) tritt in den Hintergrund. Wie in 5.6 dargestellt, ist es auch den Jugendstadien möglich, die "harten" klimatischen Bedingungen der Pionierphase zu ertragen. Episodisch kommt *A.cetratus* mit *S.necromiger* zusammen vor, die LUXTON (1967) als möglicherweise vivipare, stenotope Salzwiesenart beschreibt. Sie kommt im von ihm untersuchten Vordeichsland zusammen mit *A.cetratus* vor. Die starke Wechselfeuchte ist der einzige gemeinsame Faktorenkomplex von Salzwiese (LUXTON l.c.), Acker (KARG 1967), Weide (2.Teil) und Pionierphase der sekundären Sukzession der Deponie und scheint der Art gegenüber anderen potentiellen Besiedlern Konkurrenzvorteile zu verschaffen. Als Folge der Wasserverhältnisse könnte ein hoher CO_2 -, NH_3 - oder H_2S -Gasgehalt limitierend wirken (MOURS 1962).

Lassen sich aus den geschilderten Phänomenen Gesetzmäßigkeiten ableiten, die die Veränderungen während der Sukzession bestimmen?

Die Sukzessionsabläufe sind Resultat der Interaktionen biotischer und abiotischer Kompartimente. Die untersuchten Gruppen der Mesofauna können ihren Lebensraum nicht durch grabende oder wühlende Tätigkeit verändern (außer den im Folgenden außer acht gelassenen Insektenlarven und in eingeschränktem Maße den Enchytraeiden). Die einzige Wirkung der Mesofauna auf das Abiozön sind die durch Kot und Humifizierung verursachten qualitativen Bodenveränderungen, die aber in der Anfangsphase der Sukzession noch keinen großen Umfang besitzen.

Biotisches Kompartiment mit starkem Modifikationspotential der abiotischen Faktoren ist die Phytozönose in ihrer strukturellen Ausprägung (Bestandesstruktur). Die für die Bodentiergemeinschaften relevanten Zustandsvariablen der Phytozönose sind außer der das Mikroklima beeinflussenden Bestandesstruktur die den Lebensraum prägende qualitative und quantitative Ausbildung der Wurzeln. Die Art der Durchwurzelung bestimmt die Qualität der Nahrungsgrundlage vieler Bodentiere, die Lebensdauer der Wurzeln die Menge der den Saprophagen zur Verfügung stehenden Nahrung. Die Pflanzenart spielt über die "Beliebtheit" als Nahrung eine gewisse Rolle (DUNGER 1956, MURPHY 1953), doch überwiegt der Einfluß der Lebensform (GROGOREVA 1950, zitiert nach DAVIS 1963).

Das Mikrobienkompartiment verkompliziert die Zusammenhänge. Es wird stark von den Temperatur- und Feuchteverhältnissen des Bodens geprägt und hat einen hohen Anteil an der Regulation des Nährstoffhaushaltes (Rückkoppelung zum Vegetationskompartiment; GORMAN et al. 1979).

Die Zusammenhänge sind in Abb.42 plakativ dargestellt.

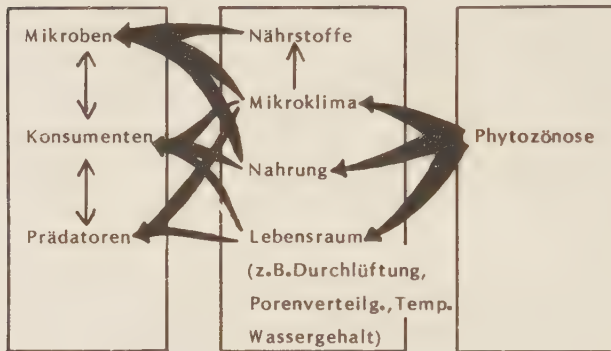


Abb.42: Faktorenkomplexe, die die Entwicklung der Bodentiere während der Sukzession beeinflussen: Darstellung der wesentlichsten während der Sukzession relevanten Konnekte.

Die aus Sukzessionsuntersuchungen von Pflanzengesellschaften abgeleitete Bedeutung des Zufalls für die Anfangsentwicklung ist nach den vorliegenden Befunden nicht für die Gamasina-Synusie gültig. Die Pionierphase der Gamasina-Sukzession wird auf beiden Flächen von *R.silesiacus* und *A.cetratus* gebildet. Die Ansiedlung weiterer Arten erfolgt in Abhängigkeit von der Vegetationsentwicklung, wobei allerdings viele Befunde nicht eindeutig erklärt werden können und in Ermangelung von Besserem auf "Sukzessionsfaktoren" zurückgeführt werden. Die Vegetation erleichtert demnach die Folgebesiedlung selektiv und legt eine Erklärung mit dem "facilitation model" von CONNELL & SLATYER (1977) nahe. Die von RUSEK (1978) dargelegte "facilitation" durch die humusbildende Funktion der Bodentiere besitzt bei den hier beschriebenen frühen Sukzessionsphasen im Vergleich zur Rolle der Vegetation eine untergeordnete Rolle, zumal die Lumbriciden auf den Flächen noch fehlen.

Somit ist die Sukzession der Mesofauna in hohem Maße in die ökosystemaren Zusammenhänge integriert und ohne diese nicht zu verstehen (s. Abb.42): Die Sukzession ist, abgesehen von der Initialphase, "community controlled" (ODUM 1969), wobei die "community" ein auf Zoozönose plus Phytozönose erweitertes System darstellt.

Die Übertragung der Modelle von CONNELL & SLATYER (l.c.) auf die dargestellten Befunde der Entwicklung der Mesofauna ist stringent nicht möglich, da sie sich auf "Arten, die die Oberfläche besiedeln und die lokalen physikalischen Bedingungen verändern, wie Pflanzen und sessile aquatische Tiere" beziehen. "Arten, die vom Schutz größerer Besiedler (...) abhängen, werden nicht behandelt" (S.1120, Übers. v. Verf.). Die Ausbildung der der Pioniersynusie folgenden Artenkombinationen wird im vorliegenden nicht von den vorausgehenden durch Veränderungen des Lebensraumes beeinflusst. Die im Sukzessionsverlauf abgrenzbaren unterschiedlichen Gamasina-Synusien (5.8.1) gehen kontinuierlich ineinander über. Sie verhalten sich gemäß dem "continuity concept".

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Sukzession der Gamasina-Synusie in hohem Maße in Abhängigkeit von der Entwicklung der phytozönotischen Struktur erfolgt, deren Einfluß über zahlreiche Faktoren wirksam wird. Interspezifische Wechselwirkungen spielen bei der Ausbildung der Synusie eine gewisse Rolle. Andere, von äußeren Faktoren unabhängige den Sukzessionsverlauf prägende Mechanismen wurden nicht gefunden.

Die beobachtete Entwicklung der Mesofauna-Lebensgemeinschaft und insbesondere die der Gamasina-Synusie legt die Klärung folgender Fragen und Hypothesen nahe:

1. Welche Bedeutung hat Phoresie für die Besiedlung der Deponie durch Gamasina? Sind die Ausbreitungskapazität oder das Deponiemilieu limitierender Faktor für die Ansiedlung?
2. In Folge der Planierung werden Nährstoffe freigesetzt, die bei günstigen mikroklimatischen Bedingungen den raschen Aufbau eines Nahrungsnetzes ermöglichen, das starke Populationsentwicklungen erlaubt.
3. Die Qualität der organischen Substanz im Boden hat für die Entwicklung der Bodentiere eine größere Bedeutung als ihre Quantität.

Diesen Hypothesen und Fragen wird im 4. Teil nachgegangen.

6.4. Strukturparameter, Diversität und Stabilitätsentwicklung der Gamasinasynusie

ALLAN, ALEXANDER & GREENBERG (1975) betrachten die Komplexität des Habitats und die Größe der Primärproduktion als determinierende Faktoren der Struktur von Arthropodenzöosen. CONNELL & ORIAN (1964) sehen einen Zusammenhang zwischen der Größe des Energieflusses, der die Gemeinschaft passiert, und der Artendiversität. Die Diversitätsentwicklung der Lebensgemeinschaften auf SÜK und REK (Abb. 29, 30) kann mit der Habitatdiversität und der Größe der Primärproduktion nicht erklärt werden, da diese ökologischen Parameter auf SÜK größere (Schätz-)Werte besitzen als auf REK, die Diversität jedoch auf REK höher ist als auf SÜK. Die Energieflußhypothese ist der Interpretation der beobachteten Phänomene zuträglicher: auf SÜK wird bei höherer Primärproduktion eine niedrigere mikrobielle Leistung (Atmung) festgestellt als auf REK (SCHRIEFER 1984); der Energiefluß durch das System ist somit geringer.

Die Diversitätsentwicklung der Gamasina-Synusien und insbesondere der Stratozöosen von SÜK und REK lassen Phasen erkennen (Abb. 30,31). Die Peaks 1980 (0-4 cm) sind der Immigrationsphase zuzurechnen, die 1981 von einer Phase zunehmender Dominanz vormals sporadisch auftretender oder neu hinzukommender Arten bei gleichzeitigem Rückgang der Pioniere abgelöst wird.

Die Pflanzen der frühen Sukzessionsphase verändern die Umwelt. Dementsprechend siedeln sich die Tiere an. Verallgemeinert man die Befunde über die Gamasina-Synusie, so sind Arten der Mesofauna, die später dominant werden, anfangs nicht als Subdominante oder Überdauerungsstadien zugegen. Im Gegensatz zu den Schlußfolgerungen von DRURY & NISBET (1973) Review der Sukzessionsliteratur bis 1971 sind die Veränderungen der Strukturparameter mit Veränderungen der Artenzusammensetzung verbunden und nicht auf bloße Veränderungen des Dominanzgefüges zurückzuführen.

PRAT & MASSOUD (1981) zeigten, daß sich die Entwicklung der Collembola-Populationen (Stratozöosen) des von ihnen untersuchten Bodens eines Nadelmischwaldes im Jahresverlauf in distinkte, durch die Äquität deutlich werdende Phasen gliedern läßt. Mehrere Sukzessionsphasen stellt auch ANDERSON (1975) bei der Besiedlung von litter bags durch

Oribatiden fest, die mit einer rapiden Immigration und einer starken Diversitätszunahme beginnen und über ein Stadium höherer Äquität zu einem stärker von Spezialisten geprägten Stadium führen. Die erste Phase wird mit Äquitätswerten um 0,4, die zweite mit solchen um 0,7 charakterisiert. Demnach befinden sich die Sukzessionssysteme der Deponie noch in der ersten Phase. In der Untersuchung des Umlandes der Deponie (2. Teil) wurden auf der Altfläche der Deponie und auf der Brachlandfläche dem zweiten Stadium entsprechende Werte gefunden.

Nach MARGALEF (1963) kann die späte Sukzessionsphase durch eine höhere Spezialisierung und somit durch eine Abnahme der Diversität gekennzeichnet sein. Eine derartige Einschätzung erfolgte für die Wiese und die Weide der im zweiten Teil dargestellten Untersuchung.

HAGVAR & KJÖNDAL (1981) beschreiben ebenfalls drei Sukzessionsphasen, deren letzte sich aber durch ein ausgeglichenes Dominanzgefüge auszeichnet. Wohin sich die SUK-REK-Systeme bewegen, werden die Auswertungen der Proben der folgenden Jahre zeigen.

Die Stabilitätsentwicklung der Gamasina-Synusie während der drei Untersuchungsjahre auf REK und SUK kann an verschiedenen Kriterien geprüft werden: Stabilisierung der Abundanz, der Artenzusammensetzung, der Dominanz und der Diversität. Die Wohndichte der Cohors Gamasina wird stark von der *R. stilesiacus*-Population geprägt, die auf SUK regelmäßige jahreszeitliche und auf REK weniger rhythmische Fluktuationen aufweist. Die Populationsentwicklung zeigt auch nach drei Jahren noch eine zunehmende Tendenz. Auf SUK verläuft sie während des gesamten Untersuchungszeitraums relativ stetig. Diese Zunahme kann als zeitlich verschobene Reaktion auf die kontinuierliche Entwicklung der Milieufaktoren angesehen werden: der Lebensraum läßt sukzessive eine zunehmend höhere Populationsdichte zu. Im Systemzusammenhang des Edaphons wäre ein solches Verhalten als stabil anzusehen, da es sich weitgehend unabhängig von den klimatischen Parametern entwickelt. Dies ist auf die Pufferung der klimatischen Amplitude durch die Phytozönose und auf die durch höheren Selektionsdruck angepasste Zoozönose (suboptimale Lebensbedingungen für viele Arten) zurückzuführen.

Die Stabilität wird nicht an Konstanz von Struktur und Funktion deutlich, sondern an der Eigendynamik des Sukzessionssystems SUK, das in dieser Eigenschaft eine hohe "resilience" aufweist. Wie Abb.3 zeigt, besitzt die Sukzession der Phytocönose von REK keine Stetigkeit. Sie ist von Zusammenbrüchen gekennzeichnet, die den überwiegenden Teil der Lebensgemeinschaft und nicht nur sich ablösende Populationen betreffen. Dadurch werden die Bestandesstruktur, die phytozönotischen und die klimatischen externen Faktoren des Subsystems Gamasina wesentlich verändert.

Die Abundanzentwicklung der Gamasina von REK ist auf Grund der hier wechselhaft günstig/ungünstigen Lebensbedingungen nicht von einer stetigen Zunahme gekennzeichnet (Abb.19).

Bezogen auf das Subsystem Mesofauna oder Gamasina ist jede Veränderung der Phytozönose eine Störung. Auf Grund des time-lags der Reaktion (ein Fortpflanzungszyklus), der im Vergleich zur Veränderung der Phytozönose am Anfang der Sukzession sehr groß ist, kann es nicht zu einer Gleichgewichtseinstellung kommen (vgl. CONNELL & SOUSA 1983). Für einfache "single population systems" wies MAY (1978) nach, daß die relative Größe der ökologisch relevanten Zeitmaßstäbe (time scales) im System die Populationsdynamik bestimmt. So findet "adjustment", Anpassung, Angleichung an die oder Ausnutzung der jeweils gegebenen Umweltsituation statt. Diese kann stetig, in stabilen (konstanten) Raten erfolgen oder von starken Veränderungen unterbrochen sein, in Abhängigkeit von der Strukturinstabilität der Phytozönose.

Stellt man die Dominanz der Gamasina-Populationen in den Mittelpunkt des Interesses, so stellt man auf SUK und REK zu- oder abnehmende Schwingungen unterschiedlicher Dämpfung fest, die nicht auf bloße phänologische Ursachen zurückgeführt werden können, sondern eine (De-) Stabilisierung der jeweiligen Populationen im Sukzessionsverlauf bedeuten. Dies ist besonders offensichtlich bei *R.silesiacus* und *A.cetratus*, SUK 8-12cm.

Die Artenzahl als Stabilitätskriterium wurde in 5.8.1 angesprochen. SUK ist von einer größeren Anzahl subdominanter bzw. sporadisch auftretender Arten gekennzeichnet als REK. Der Ansiedlungsprozeß und die Nischendifferenzierung verläuft auf SUK langsamer. Die höhere Habitatdiversität heißt nicht, daß der vielfältige Lebensraum auch die notwendigen Ressourcenmengen für die Ausbildung der jeweiligen Populationen besitzt. Als Hypothese und Ausblick kann daraus abgeleitet werden, daß mit quantitativer Verbesserung der Ressourcen sich auf SUK zunehmend persistierende Populationen etablieren können, die im weiteren Verlauf auch das Dominanzgefüge deutlich beeinflussen (Zunahme der Äquität).

Stabilisierung in Form eines Rückganges der Veränderungen der Dominanzzusammensetzung der Synusien (HORN 1974) ist noch nicht erkennbar. Im Gegenteil, die sukzessiven Lebensgemeinschaften (0-4 cm) unterscheiden sich gegen Ende des Untersuchungszeitraumes beträchtlich (Dominantenidentität zweier aufeinanderfolgender Probenahmen unter 50%, Abb. 37).

Die durch das Bloßlegen der Flächen freigewordenen Ressourcen haben ein rasches mikrobielles Wachstum zur Folge, das die Entwicklung der Mikrofauna, der Saprophagen und somit auch der Prädatoren ermöglicht, wenn es die abiotischen Verhältnisse erlauben (abiotische Regulation der Anfangsphase der Sukzession). Das sich ausbildende Nahrungsnetz bedeutet jedoch noch keine Ausbildung eines geregelten Stoffkreislaufs im Ökosystem, wie die hohen Auswaschungsraten der Bioelemente zeigen (BORMANN & LIKENS 1979, SCHULZ, BÖLLING & MATTHES 1985). Mit dem Anwachsen der Biomasse werden die Nährstoffe zunehmend festgelegt und somit vor Auswaschung bewahrt (VITOUSEK & REINERS 1975). Bioretention bedeutet noch keine Regulation des Stoffkreislaufs. Diese wird erst durch das Zusammenwirken der verschiedenen Ökosystemkomponenten möglich, was auf der weniger von Katastrophen betroffenen SUK-Fläche mit ihrer angepaßten Phyto- und Zooönose wohl eher möglich sein wird als auf REK. Hier sind die Sukzessionsabläufe zwar rascher, aber dies ist es gerade, was Ko-Sukzession verhindert, d.h. die Ausbildung komplexer, aufeinander abgestimmter biozönotischer Konnekte. Diese würden dann eine Regulation des Stoffkreislaufes bewirken und somit zu einer Ökosystemstabilisierung im Sinne REICHEL et al. (1975) führen.

6.5 Die Sukzession der Gamasina-Synusie und Rekultivierung

"In produktionsbiologischer Hinsicht sind die Gamasiden an der Kette der akkumulativen oder energiespeichernden Organismen (BALOGH 1958) beteiligt. Sie fressen große Mengen kleiner Bodentiere, wie Nematoden, Collembolen und Milben. Diese Lebewesen würden sonst absterben und durch dekomponierende Lebewesen (Bakterien) schnell zersetzt und mineralisiert werden. Die Verlangsamung des Abbauprozesses durch die Einschaltung mehrerer Zwischenstufen ist für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit von großer Bedeutung" (KARG 1961).

Die Bedeutung der Untersuchungen der Gamasina-Lebensgemeinschaften liegt nicht nur in der weiteren Erforschung ihrer bodenbiologischen Funktion, sondern auch in der Möglichkeit, an Hand der Zusammensetzung der Gamasina-Synusien Entwicklungsstadien zu erkennen. Diese können mit ökosystemaren Zusammenhängen verknüpft werden. In der vorliegenden Untersuchung wurden Veränderungen der Gamasina-Synusie festgestellt, die zu Hypothesen bezüglich des Gesamtsystems führen können. Die Sukzessionsfläche SUK besitzt eine stärker adaptierte Gamasina-Synusie als REK. Die Zusammenbrüche der Phytozönose von REK auf Grund der größeren Anfälligkeit gegenüber Trockenheit spiegelt sich in der Zusammensetzung und Abundanz der Gamasina-Synusie wider. Für die Beurteilung der Rekultivierungsmaßnahme ist das unstete Verhalten der Entwicklung der Kompartimente von Bedeutung. Eine höhere Stabilisierung der Entwicklung könnte durch eine angepaßte, weniger durchschlagende Zusammenbrüche erleidende Phytozönose erreicht werden. Dieser aus der Betrachtung der Sukzession der Mesofauna und der Gamasina-Synusie abgeleitete Sachverhalt bestätigt die Forderungen der Botaniker nach Standortanpassung. Die Aufrechterhaltung einer differenzierten phytozönotischen Bestandesstruktur steht jedoch im Widerspruch zu den meisten Nutzungsinteressen. Der Erhalt von Sukzessionsinseln wäre indessen möglich und wünschenswert. Der Managementaufwand würde sich dann auf die intensiv genutzten Areale beschränken.

7. Zusammenfassung

Die Untersuchung der Entwicklung der Mesofauna einer Bauschuttdeponie wurde unmittelbar nach der Beendigung der Planierung der Abdeckschicht im April 1980 begonnen. Die hier dargestellten Befunde beziehen sich auf den Zeitraum von 4/1980 bis 12/1982, also rund drei Sukzessionsjahre. Die insgesamt 532 Proben stammen von einer sich selbst überlassenen Sukzessionsfläche (SUK) und einer mit Grasansaat im Juni 1980 rekultivierten und in der Folgezeit regelmäßig gemähten Fläche (REK). Die 100 cm³ Proben (0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm) wurden in einem modifizierten MACFADYEN-canister-Gerät extrahiert. Die gesamte Fauna wurde ausgezählt, die Acari in Gruppen untergliedert und die Gamasina bis zur Art bestimmt.

- Die Bodenfauna beider Flächen verändert sich im Zeitverlauf im engen Zusammenhang mit der Bestandesstruktur der Vegetation.
- Es bilden sich auf Gruppenebene quantitativ und qualitativ unterschiedliche Lebensgemeinschaften aus.
- Die Siedlungsdichten auf REK sind in der Regel höher als auf SUK.
- Die Sukzession auf SUK ist stetiger als auf REK, wo es zu plötzlichem Populationswachstum und zu katastrophalen Einbrüchen kommt.
- Die Zusammensetzung der Gamasina-Synusien der beiden Flächen divergieren zunehmend im Zeitverlauf und besitzen Ende 1982 Ähnlichkeiten von unter 50% (Arten- und Dominantenidentität).
- Die im Sukzessionsverlauf angetroffene Anzahl der Arten ist auf SUK höher als auf REK. Viele Arten treten auf SUK jedoch nur sporadisch oder rezedent auf. Nur 44% der auf der Deponie auftretenden Arten wurden auch im Umland gefunden.

- Während der rd. drei Jahre konnten je drei Artenkomplexe an Hand von Differentialarten qualitativ abgegrenzt werden, die durch quantitative Indices (SÖRENSEN-, RENKONEN-, z.T. SHANNON-WEAVER-Index) bestätigt werden konnten.'
- Die Diversität ist auf REK höher als auf SUK. Dies steht im Einklang mit dem Energieflußmodell von CONNELL & ORIAN (1964).
- Die Stabilität ist auf SUK höher als auf REK, da die Umwelt eine größere "Vorhersagbarkeit" besitzt und durch suboptimale Verhältnisse mit gewisser Hysterese eine angepaßte Synusie selektiert.
- Die Anfangsphase der Sukzession ist abiotisch kontrolliert, die folgende(n) sind "community controlled" (ODUM 1969), wobei die "community" als System aus Zoozönose und Phytozönose anzusehen ist.
- Im Rekultivierungszusammenhang werden die Forderungen der Botaniker und Gärtner bekräftigt, die eine Anpassung der Lebensgemeinschaft an den Standort beinhalten.
- Die taxonomische Differenzierung, die Betrachtung von Stratozönosen (Vertikalverteilung) und die der Populationsstruktur tragen stark zum Verständnis der Vorgänge bei.
- Die Befunde der Untersuchungen der Mesofauna wurden mit denen anderer Arbeiten der Arbeitsgruppe des Projektes "Rekultivierung von Mülldeponien" in Zusammenhang gebracht, wodurch das Verständnis der Initialphase der Sukzession erleichtert wurde und die Interaktionen mit der Phytozönose deutlich wurden.

8. Literatur

- ALLAN, J.D., ALEXANDER, H.J., GREENBERG, R., 1975. Foliage arthropod communities of crop and fallow fields. *Oecologia* 22, 49-56.
- ANDERSON, J.M., 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. *J. Anim. ecol.* 44, 475-495.
- 1977. The organization of soil animal communities. In: LOHM, U., PERSSON, T., (Hg.), *Soil organisms as components of ecosystems. Proc. 6th Int. Coll. Soil Zool., Ecol. Bull.* (Stockholm) 25, 15-23.
- ANDREN, O., LAGERLÖF, J., 1983. Soil fauna (microarthropods, Enchytraeids, Nematodes) in Swedish agricultural cropping systems. *Acta Agric. Scand.* 33, 33-52.
- ASHRAF, M., 1971. Influence of environmental factors on Collembola. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 8, 243-252.
- BAUER, H.-J., 1973. Ten years studies of biocoenological succession in the excavated mines of the Cologne Lignite District. In: HUTNIK, R., J., DAVIS, G., (Hg.), *Ecology and reclamation of devastated land. N.Y., etc., Vol. 1*, 271-283.
- BAWEJA, K.D., 1939. Studies on the soil fauna, with special reference to recolonization of sterilized soil. *J. Anim. Ecol.* 8, 120-161.
- BAZZAZ, F.A., 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology* 56, 485-488.
- BECKMANN, M., in Vorber.: Die Sukzession der Oribatei einer Bauschutt deponie-Abdeckschicht (Arbeitstitel). Diplomarb., Uni Bremen, FB2.
- BERENDT, R., in Vorber.: Sekundäre Sukzession der Collembolen-Fauna (Insecta, Collembola) eines Ruderalökosystems und ihre Beeinflussung durch Rekultivierung. (Arbeitstitel), Diplom., FB2, Bremen.
- BERENDT, R., BOLTE, D., KOTELNEZ, N., 1983. Untersuchung über den Einfluß einer ausgewählten Pflanzengesellschaft (*Melilotetum albi-officinale*) auf die Zusammensetzung der Boden-Mesofauna. Ein Standortvergleich. Projektbericht des Arbeitsvorhabens Bodenbiologie im Projekt "Rekultivierung von Mülldeponien", WS 79/80-WS 80/81, Universität Bremen, Fachbereich 2, unveröff.
- BERENDT, R., & D. BOLTE, 1984. Untersuchungen über den Einfluß einer ausgewählten Pflanzengesellschaft (*Melilotetum albi-officinale* SISS. 1950) auf die Zusammensetzung der Boden-Mesofauna. *Dosera* 84, (1), 19-26.

- BERTALANFFY, L.V., 1960. Problems of life. New York.
- BEUTEL, P., KÜFFNER, H. & W.SCHUBÖ, 1980. SPSS 8, 300 S., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- BICHTLER, K., 1980. Bemerkungen zur Systemanalyse. In: SYDOM, A. (Hg.), Anwendungsaspekte der Systemanalyse, Akademie Verlag Berlin, 8-26.
- BINN, E.S., 1972. *Acetoseius cetratus* (Sellnick) (Acarina, Ascidae) phoretic on mushroom sciarid flies. *Acarologia* 14, 350-356.
- BLUME, H.-P., 1975. Zur Gliederung anthropogener Böden. *Mitt. dtsh. bodenkdl. Ges.*, 22, 597-602.
- BODE, E., 1975. Pedozoologische Sukzessionsuntersuchungen auf Rekultivierungsflächen des Braunkohletagebaus. *Pedobiologia* 15, 184-289.
- BOLTE, D., 1982. Mikroarthropoden-Synusien in der Rhizospäre der kanadischen Goldrute (*Solidago canadensis*). Diplomarbeit Bremen.
- , 1984. Collembolen in der Rhizosphäre der kanadischen Goldrute (*Solidago canadensis* L.) auf unterschiedlichen Standorten. *Pedobiologia*, im Druck.
 - , in Vorber. Die Sukzession der Collembolen-Synusien in den Anfangsphasen der Entwicklung eines Ruderalökosystems. Diss. Bremen.
- BORMANN, F.H., & LIKENS, G.E., 1979. Pattern and process in a forested ecosystem. Springer, New York, 1979.
- BORN, H., in Vorber.: Die Sukzession der Enchytraeen-Synusie (Annelida, Oligochaeta) eines Ruderalökosystems unter natürlichen und anthropogenen Einflüssen (Arbeitstitel, Dissertation Bremen).
- BRADSHAW, A.D., CHADWICK, M.J., 1980. The restoration of land. Blackwell Scientific Publications, Oxford, etc.
- BRAND, R.H., 1979. Effect of sampling time on estimates of soil arthropod populations. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 16, 499-515.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1928. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin, Springer.
- BRECKLING, B., SCHÖN, M., 1984. Modellierung, Simulation und Realisierung eines Laborökosystems. Diplomarb. Uni. Bremen, FB 2.

- CLARK, W.C., HOLLING, C.S., 1979. Process models, equilibrium structures, and population dynamics: on the formulation and testing of realistic theory in ecology. In: HALBACH, U., JACOBS, J., (Hg.), *Population ecology*. Gustav Fischer, Stuttgart, New York.
- CLEMENTS, F.E., 1916. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Inst. Wash. Publ. 242, 1-512.
- CONNELL, J.H., ORIAN, G.H., 1964. The ecological regulation of species diversity. *Amer. Natur.* 98, 399-414.
- , SLATYER, R.O., 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Amer. Natur.* 111, 1119-1144.
 - , SOUSA, W.P., 1983. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *Am. Natur.* 121, 789-824.
- CROSSLEY, D.A., jr., 1977a. The roles of terrestrial saprophagous arthropods in forest soils. In: MATTSON, W.G., (Hg.), *The role of arthropods in forest ecosystems*. Springer, New York, etc.
- , 1977b. Oribatid mites and nutrient cycling. In: DINDAL, D.L., (Hg.), *Biology of Oribatid Mites*, 71-85, Syracuse, N.Y., USA.
- DAVIS, B.N.K., 1963. A study of microarthropod communities in mineral soils near Corby, Northants. *J. Anim. Ecol.* 32, 49-71.
- DHILLON B.S., & N.H.E. GIBSON 1962. A study of the Acarina and Collembola of agricultural soils. *Pedobiologia* 1, 189-209.
- DINDAL, D.L. (Hg.), 1977. *Biology of oribatid mites*. State University of New York, College of Env. Sci. and Forestry, Syracuse, N.Y.
- DOSSE, G., 1956. Über die Entwicklung einiger Raubmilben bei verschiedenen Nahrungstieren (Acari, Phytoseiidae). *Pflanzenschutzberichte Wien*, 16, 122-136.
- DRURY, W.H., NISBET, I.C.T., 1973. Succession. *Arnold Arboretum J.*, 54: 331-368.
- DUNGER, W., 1956. Untersuchungen über die Laubzersetzung durch Collembolen. *Zool. Jb.* 84, 75-98.

- , 1968. Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohletagebaues. Abhandl. und Berichte Naturkundemuseum Görlitz 43, 2, 256 S.
 - , 1975. On the delimitation of soil microarthropod coenoses in time and space. In: VANEK, J. (ed), *Progress in Soil Zoology. Proc. 5th Int. Coll. Soil Zoology, Prague*, 43-49.
 - , 1978. Parameter der Bodenfauna einer Catena von Rasenökosystemen. *Pedobiologia* 18, 310-340.
- EDWARDS, C.A., REICHLER, D.E., CROSSLEY, D.A., jr., 1970. The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. In: REICHLER, D.E., (Hg.), *Analysis of temperate forest ecosystems*, 147-172, Springer, Hamburg, New York.
- EGLER, F.E., 1954. Vegetation science concepts. 1. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetatio* 4, 412-417.
- ELTON, C.S., 1958. *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, London.
- ENGELMANN, H.-D., 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18, 368-380.
- ENGELMANN, M.D., 1961. The role of soil arthropods in the energetics of an old field community. *Ecol. Monogr.* 31, 221-238.
- FISCHHOFF, B., HOHENEMSER, C., KASPERSON, R.E., KATES, R.W., 1978. Handling Hazards. *Environment* 20, 16-24.
- FRENZEL, G., 1936. *Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens*. G. Fischer, Jena, 130 S.
- GEFKEN, T., 1983. Vergleichende Untersuchungen zur Entwicklung der Bodenatmung auf unterschiedlich behandelten Deponieabdeckungen. Diplomarbeit, Univ. Bremen, Fachbereich 2.
- GHILAROV, M.-S. 1978. Bodenwirbellose als Indikatoren des Bodenhaushaltes und von bodenbildenden Prozessen. *Pedobiologia* 18, 300-309.
- GIGON, A., 1983. Über das biologische Gleichgewicht und seine Beziehungen zur ökologischen Stabilität. *Ber. geobot. Inst. Eth., Stiftung Rübel, Zürich*, 50, 149-177.

- GORMAN, E., VITOUSEK, P.M., REINERS, W.A., 1979. The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10, 53-84.
- GRAFF, O., 1964. Untersuchungen über die Bodenfauna im Ackerboden. Univ. Giessen, Landwirtschaftl. Fak., Habil.-Schr. v. 1964.
- GUTTMANN, R., 1979. Untersuchungen zur Entwicklung der Bodenfauna rekultivierter Schutthalde eines Stahlwerkes. Dissertation Braunschweig
- HAGVAR, S., ABRAHAMSEN, G., 1980. Colonization by Enchytraeids, Collembola and Acari in sterile soil samples with adjusted pH-levels. *Oikos* 34, 245-258.
- , KJÖNDAHL, B.R., 1981. Succession, diversity and feeding habits of microarthropods in decomposing birch leaves. *Pedobiologia* 22, 385-408.
- HARRIS, C.R., USHER, M.B., 1978. Laboratory studies of predation by the grassland mite *Pergamasus longicornis* (Berlese) and their possible implications for the dynamics of populations of Collembola. *Sc. Proc. Royal Dublin Soc., Serie A*, 6, 143-153.
- HERMOSILLA, W., 1980. Die Mesofauna verschieden alter Rekultivierungsflächen im Braunkohlentagebaugbiet der Ville. *Decheniana* (Bonn), 133, 79-83.
- , 1982. Sukzession und Diversität der Collembolenfauna eines rekultivierten Ackers. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 19, 225-236.
- HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT, 1975: Rekultivierung von Müllkippen. Richtlinie 3, Wiesbaden.
- HIRSCHMANN, W., 1957-1979. Gangsystematik der Parasitiformes, Folgen 1- 25. Bibliographie in Folge 26, 1979. Hirschmann Verlag, Fürth/ Bayern.
- HOLDGATE, M.W., WOODMAN, M.J., (Hg.), 1978. The breakdown and restoration of ecosystems. Plenum Press, New York, London.
- HOLLING, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, , 1-23.
- HORN, R.S., 1974. The biology of secondary succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 25-37.
- HUHTA, V., IKONEN, E. & P. VILKAMAA, 1979. Succession of invertebrate populations in artificial soil made of sewage sludge and crushed bark. *Ann. Zool. Fennici* 16, 223-270.

- HUTSON, B.R., 1980. Colonization of reclamation sites by Acari, Collembola and other invertebrates. *J. appl. Ecol.*, 17, 255-275.
- , LUFF, M.L., 1978. Invertebrate colonization and succession on industrial reclamation sites. *Sc. Proc. Royal Dublin Soc., Serie A*, 6, 165-174.
- JANETSCHEK, H., 1949. Tierische Sukzessionen auf hochalpinem Neuland. Innsbruck, 213 S.
- JACOBS, J., 1975. Diversity, stability and maturity in ecosystems influenced by human activities. In: VAN DOBBEN, W.W., LOWE-McCONNELL, R.H., (Hg.), *Unifying concepts in ecology*, 187-207, Den Haag
- KAPLAN, M.A., 1972. Über systemorientiertes Forschen. In: KURZROCK, R., (Hg.), *Systemtheorie*, 9-16, Colloquium Verlag Berlin.
- KARG, W., 1961. Ökologische Untersuchungen an edaphischen Gamasiden (Acari, Parasitiformes). *Pedobiologia* 1, 53-98.
- , 1962. Räuberische Milben im Boden . Die neue Brehm Bücherei, Band 286, 64 S.
 - , 1967. Synökologische Untersuchungen von Bodenmilben aus forstwirtschaftlich und landwirtschaftlich genutzten Böden. *Pedobiologia* 7, 198-214.
 - , 1968. Bodenbiologische Untersuchungen über die Eignung von Milben, insbesondere von parasitiformen Raubmilben als Indikatoren. *Pedobiologia*, 8, 30-49.
 - , 1971. Die freilebenden Gamasina (Gamasides), Raubmilben. In: DAHL, F., (ed), *Die Tierwelt Deutschlands*, 59. Teil, 475 S., Gustav Fischer, Jena.
 - , 1978. Milben als Indikatoren zur Optimierung von Pflanzenschutzmaßnahmen in Apfelintensivanlagen. *Pedobiologia* 18, 415-425.
 - , 1981. Die Raubmilbengattung *Cheiroseius* BERLESE 1916. *Zool. Jb. Syst.*, 108, 51-69.
 - , 1982a. Untersuchungen über die Habitatsprüche, geographische Verbreitung und Entstehung von Raubmilbengattungen der Cohors Gamasina für ihre Nutzung als Bioindikatoren. *Pedobiologia* 24, 241-247.
 - , 1982b. Zur Kenntnis der Raubmilbengattung *Hypaspis* CANESTRINI, 1884 (Acari, Parasitiformes). *Mitt. Zool. Mus. Berlin* 58, 233-256.
 - , 1983. Verbreitung und Bedeutung von Raubmilben der Cohors Gamasina als Antagonisten von Nematoden. *Pedobiologia* 25, 419-432.

- KNÜLLE, W., 1957. Die Verteilung der Oribatei (Acari) im Boden. Z. Morph. Ökol. Tiere 46, 397-432.
- KOEHLER, H., 1983. Studies on the development of soil mesofauna in a rubble dump cover. In LEBRUN, Ph., et al. (eds): New Trends in Soil Biology. Proc. 7th Int.Coll.Soil Zool. Louvain-la-Neuve (Belgium), 561-567.
- , 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 5. Die Entwicklung der Gamasinen-Synusie (Acari, Parasitiformes) der Abdeckschicht einer Bauschuttdeponie und ihre Beeinflussung durch Rekultivierungsmaßnahmen. Verh. Ges. Ökol. 13 (Bremen 1983), im Druck.
- KRIVOLOUTSKI, D.A., 1975. Oribatid mite complexes as the soil type bioindicators. In: VANEK, J., (Hg.), Progress in Soil Zoology, Proc. 5th Int. Coll. Soil Zool., Prague, 217-221.
- KUBIENA, W.L., 1955. Animal activity in soils as a decisive factor in the establishment of humus forms. In KEVAN, D.K.McE., (ed), Soil Zoology, 73-82, Butterworths, London.
- LEBRUN, Ph., 1977. Comparaison des effets des températures constantes ou variables sur la durée de développement de *Damaeus anustus*. Acarologia, 19, 136-143.
- LEE, D.C., 1973. Rhodacaridae (Acari: Mesostigmata) from near Adelaide, Australia. 2. Ecology. Trans. R. Soc. S. Aust. 97, 139-152.
- LEWONTIN, R.C., 1965. Selection for colonizing ability. In: BAKER, H.G., STEBBINS, G.L., (Hg.), The genetics of colonizing species, 77-94, Academic, New York.
- LUFF, M.L., & HUTSON, B.M., 1977. Soil fauna populations. In: HUCKETT, B., (Hg.), Landscape reclamation practice, 125-147, IPC Business Press, Guildford.
- LUTZ, J.L., & TRAITTEUR-RONDE, G., 1965. Über Zusammenhänge in Artenbestand von Pflanzen, Bodenkleintieren und Mikroben des Hochmoores nebst ökologischen Ausblicken. In: TÜXEN, R., (Hg.), Bio-soziologie. Bericht über das int. Symp. in Stolzenau (Weser) 1960 der Int. Vereinigung f. Vegetationskunde, 211-223, Den Haag.
- LUXTON, M., 1967. The zonation of saltmarsh Acarina. Pedobiologia 7, 55-66.

- MACARTHUR, R.H., 1955. Fluctuation of animal populations, and a measure of community stability. *Ecology* 36, 533-536.
- , & WILSON, E.O., 1967. The theory of island biogeography. Princeton Univ. Mon. Pop. Biol. 1, 1-203
- MACFADYEN, A., 1952. The small arthropods of a Molinia fen at Cothill. *J. Anim. Ecol.*, 22, 65-77.
- , 1963. The contribution of the microfauna to total soil metabolism. In: GRAFF, O., & SATCHELL, J.F., (Hg.), *Progr. in Soil Biol.*, 3-17, Braunschweig und Amsterdam.
 - , 1970. Soil metabolism in relation to ecosystem energy flow and to primary and secondary productivity. In: PHILLIPSON, J., (Hg.), *Methods of study in soil ecology*, 167-172, UNESCO, Paris.
 - , 1978. The role of the fauna in decomposition processes in grasslands. *Sc. Proc. Royal Dublin Soc.* 6, 197-206.
- MCAUGHTON, S.J., & WOLF, L.L., 1970. Dominance and the Niche in Ecological Systems. *Science* 167, 131-167.
- & - , 1979. *General Ecology*, 410-469, Holt, Rinehart & Winston, New York, etc.,
- MARGALEF, R., 1963. On certain unifying principles in ecology. *Amer. Natur.* 97, 357-374.
- , 1975. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. In: VAN DOBBEN, W.H., LOWE-McCONNELL, R.H., (Hg.), *Unifying concepts in ecology*, 151-160, Junk, Den Haag.
- MASSOUD, Z., THIBAUB, J.M., CANCELA DA FONSECA, J.-P., & DOLIN, M., 1983. Periodicité de l'échantillonnage et perte d'information dans l'estimation de la densité de populations d'insectes Collemboles. *Pedobiologia*, 25, 325-330.
- MATHES, K., & SCHRIEFER, T., 1984. Soil respiration during secondary succession: influence of temperature and moisture. *Soil Biol. and Biochem.*, ..., im Druck.
- MAY, R.M., 1975. Stability in ecosystems: some comments. In: VAN DOBBEN, W.H., LOWE-McCONNELL, R.H., (Hg.), *Unifying concepts in Ecology*, 161-168, Junk, Den Haag.
- (Hg.), 1976. *Theoretical Ecology, Principles and Applications*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, etc., 317 S.
 - , 1978. Factors controlling the stability and breakdown of ecosystems. In: HOLDGATE, M.W., WOODMAN, M.J., (Hg.), *The breakdown and restoration of ecosystems*. Plenum Press, N.Y., London.

- MCBAYER, J.F., 1977. Contributions of cryptozoa to forest nutrient cycles. In: MATTSON, W.J.(ed), The role of arthropods in forest ecosystems, 70-77, Springer-Verlag, New York.
- , & REICHLE, D.E., 1971. Trophic structure and feeding rates in forest soil invertebrate populations. *Oikos* 22, 381-388.
- MICHERDZINSKI, W., 1969. Die Familie Parasitidae OUDEMANS 1901 (Acarina, Mesostigmata). Zaklad Zoologii Systematycznej, 690 S., Polskiej Nauk, Krakow.
- MIYAWAKI, A., AOKI, J., & HARADA, H., 1976. Biozönotische Beziehungen zwischen den Pflanzengesellschaften und ihrer Bodenfauna, besonders Oribatiden- Gesellschaften. In: TÜXEN, R., (Hg.), Vegetation und Fauna. Bericht über das int. Symp. in Stolzenau (Weser) der intern. Ver. f. Vegetationskunde, Vaduz 1977.
- MOURS, A.A., 1962. The lethal doses of CO_2 , N_2 , NH_3 and H_2S for soil arthropods. *Pedobiologia*, 2, 9-14.
- MORITZ, M., 1963. Über die Oribatiden-Gemeinschaften norddeutscher Laubwälder unter besonderer Berücksichtigung der die Verteilung regelnden Milieubedingungen. *Pedobiologia* 3, 142-243.
- , 1965. Untersuchungen über den Einfluß von Kahlschlagmaßnahmen auf die Zusammensetzung von Hornmilbengemeinschaften (Acari, Oribatei) norddeutscher Laub- und Kiefern-mischwälder. *Pedobiologia*, 5, 65-101.
- MORITZ, M., 1984. Besiedlung zweier unterschiedlich bearbeiteter Flächen durch Milben, (Arbeitstitel), Diplomarbeit, Bremen.
- MÜLLER, G., 1959. Untersuchungen über das Nahrungswahlvermögen einiger im Ackerboden häufig vorkommenden Collembolen und Milben. *Zool. Jb. Syst. Ökol. Geogr. Tiere*, 87, 231-256.
- MÜLLER, J., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 2. Keimung und Etablierung während früher Vegetationsentwicklung auf Ruderalstandorten. *Verh. Ges. Ökol.* 13 (Bremen 1983), i. Druck.
- , & BOLTE, D., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 3. Vegetationsentwicklung auf einer Deponieabdeckschicht. *Verh. Ges. Ökol.* 13 (Bremen 1983), im Druck.
- MÜLLER, P., 1977. Tiergeographie. Stuttgart.
- MURDOCH, W.W., 1969. Predator specificity and stability of prey populations. *Ecol. Mongr.* 39, 335-354.

- NAGLITSCH, F., 1963. Untersuchungen über Individuendichte und Artenzahl der Collembolen auf leichten und schweren Böden. In: DOEKSEN, J., & VAN DER DRIFT, J., (Hg.), *Soil organisms*, 395-405 Amsterdam.
- , & STEINBRENNER, K., 1963. Untersuchungen über die bodenbiologischen Verhältnisse in einem Fruchtfolgeversuch unter spezieller Berücksichtigung der Collembolen. *Pedobiologia* 2, 252-264.
- NEUMANN, U., 1978. Untersuchungen über die Begrünung und Entwicklung von Vegetationsdecken auf Müllablagerungen. Dissertation TU Berlin.
- NOSEK, J., 1982. Indikationsbedeutung der Proturen. *Pedobiologia* 24, 249-253.
- ODUM, E.P., 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164, 262-270.
- , 1971. *Fundamentals of Ecology*, Saunders, Philadelphia, etc., XIV+574.
- OLSCHOWY, G., (Hg.), 1978. *Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland*. Parey, Hamburg, Berlin.
- OSIUS, G., & TIMM, G., 1981. Mathematische Modellierung natürlicher Systeme und ihrer Störungen. *Angew. Botanik* 55, 139-147.
- PATTEN, B., & ODUM, P.E., 1981. The cybernetic nature of ecosystems. *Amer. Natur.*, 118, 886-895.
- PARR, T.W., 1978. An analysis of soil micro-arthropod succession. *Sc. Proc. R. Dublin Soc., Ser.A*, 6, 185-196.
- POOLE, R.W., 1974. *An introduction to quantitative ecology*. McGraw Hill McGraw-Hill, New York etc., XII+532.
- PRAT, B., MASSOUD, Z., 1981. Etude de la communauté des Collemboles dans un sol forestier. 2. Evolution du peuplement. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 18, 59-76.
- REICHLE, D.E., 1977. The role of soil organisms in nutrient cycling. In: LOHM, U., PERSSON, T., (Hg.), *Soil organisms as components of ecosystems*. Proc. 6th Int. Coll. Soil Zool., Ecol. Bull. (Stockholm), 25, 145-156.
- , O'NEILL, R.V. & W.F. HARRIS, 1975. Principles of energy and material exchange in ecosystems. In: VAN DOBBEN, W.H. & R.H. LOWE-CONNELL (eds), *Unifying concepts in ecology*, 27-43, Junk, The Hague.

- RODRIGUEZ, J.G., WADE, C.F., & WELLS, C.N., 1962. Nematodes as a natural food for *Macrocheles muscadomesticae* (Acari, Macrochelidae), a predator of the house fly egg.
Ann. Ent. Soc. Amer., 55, 507-511.
- RUSEK, J., 1978. Pedozootische Sukzessionen während der Entwicklung von Ökosystemen. Pedobiologia 18, 426-433.
- REICHOLF, J., 1976. Ökologische Aspekte der Veränderung von Flora und Fauna in der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe Vegetationskunde, 10, 393-399.
- ROTH, G., & SCHWEGLER, H., (Hg.), 1981. Self organizing systems. An interdisciplinary approach. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 187 S.
- SATCHELL, J.E., 1974. Litter- interface of animate/inanimate matter. In: DICKINSON, C.H., PUGH, G.J.F., (Hg.), 13-15, Biology of plant litter decomposition, Academic Press, London.
- SCHALK, V., 1968. Zur Bodenfauna von Wiesen- und Luzernebeständen unterschiedlicher Standorte unter besonderer Berücksichtigung der Oribatiden. Pedobiologia 8, 424-506.
- SCHIMITSCHEK, E., 1938. Einfluß der Umwelt auf die Wohndichten der Milben und Collembolen im Boden.
Z. angew. Entomol. 24, 216-247.
- SCHMELCHER, M., 1983. Untersuchungen zur Milbenfauna verschiedener Weinbergsböden im oberen Rheingau unter besonderer Berücksichtigung der Raubmilben (Acarina, Gamasina).
Diplomarbeit, Bonn.
- SCHMID, E., 1922. Biozönologie und Soziologie. Naturw. Wochenschriften, N.F., 518-523.

- SCHMIDT, W., 1981. Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern. *Scripta Geobot.* 15, Goltze, Göttingen, 199 S.
- SCHMITHÜSEN, J., 1959. Allgemeine Vegetationsgeographie. Berlin.
- SCHRAMM, E., 1984. Die Rolle der theoretischen Ökologie bei der Erforschung der sozial konstituierten Natur. *Dialektik* 9, im Druck.
- SCHRIEFER, T., 1984. Der Zusammenhang von Bodenatmung, Wasserhaushalt und Mikroklima während der Anfangsphase der sekundären Sukzession. Dissertation Bremen.
- , & WEIDEMANN, G., 1982. Untersuchungen zum Wasserhaushalt einer Deponieabdeckschicht. *Mittl. Dtsch. Bodenkdl. Ges.*, 33, 129-135.
- SCHULZ, V.M., BÖLLING, C., & MATTHES, K., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 11. Der Einfluß der Rekultivierungsmaßnahmen auf Stickstoff-Mineralisation und Stickstoff-Retention. *Verh. Ges. Ökol.* im Druck.
- , VOLLMER, G., & MATTHES, K., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 10. Zur ökologischen Bedeutung der Proteasen-Aktivität von Böden. *Verh. Ges. Ökol.* im Druck.
- SCHWABE, G.H., 1970. Zur Ökogenese auf Surtsey. *Schr. Naturw. Ver. Schlesw. Holst., Sonderband*, 101-120.
- SCHWEGLER, H., 1981. Stabilitätsbegriffe für biologische Systeme. *Angew. Botanik*, 55, 129-137.
- SCHWERDTFEGGER, F., 1975. Ökologie der Tiere, Band III, Synökologie, Parey, Hamburg, 451 S.
- SIMBERLOFF, D.S., & WILSON, O.E., 1969. Experimental zoogeography of islands. The colonization of empty islands. *Ecology* 50, 278-296.
- SOHLENIUS, B., 1982. Short term influence of clear-cutting on abundance of soil-microfauna (Nematoda, Rotatoria and Tardigrada) in a Swedish pine forest soil. *J.appl.Ecol.*, 19, 349-359.
- STAMMER, H.-J., (Hg), 1963. Beiträge zur Systematik und Ökologie mitteleuropäischer Acarina. 2. Band, Mesostigmata, 804 S., Akademische Verlagsges., Leipzig.

- STÖCKER, G., 1979. Ökosystem - Begriff und Konzeption. Arch. Naturschutz und Landschaftsforschg., 19, 157-176.
- STREIT, B., & ROSER-HOSCH, S., 1982. Experimental compost cylinders as insular habitats: colonisation by microarthropd groups. Rev. suisse Zool., 89, 891-902.
- STRENZKE, K., 1952. Untersuchungen über die Tiergemeinschaften des Bodens: Die Oribatiden und ihre Synusien in den Böden Norddeutschlands. Zoologica 37, 1-167.
- STRÜVE-KRUSENBERG, R., 1981. Sukzession und trophische Struktur der Bodenfauna von Brachlandflächen. Pedobiologia 21, 132-141.
- STUGREN, B., 1978. Grundlagen der allgemeinen Ökologie. Gustav Fischer, Stuttgart, New York, 312 S.
- SUKOPP, H., KUNICK, W., RUNGE, M., ZACHARIAS, F., 1974. Ökologische Charakteristik von Großstädten, dargestellt am Beispiel Berlins. Verh. Ges. Ökol. 1973, 383-403.
- TANSLEY, A.G., 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology 16, 284-307.
- TISCHLER, W., 1952. Biozönotischen Untersuchungen an Ruderalstellen. Zool. Jb. (Syst.), 81, 122-174.
- , 1955. The effect of agricultural practice on the soil fauna. In: KEVAN, D.K.McE., (Hg.), Soil Zoology, 215-230.
- TOPP, W., 1971. Zur Ökologie der Müllhalden. Ann.Zool.Fenn., 8, 194-222.
- TREPL, L., 1983. Ökologie- eine grüne Leitwissenschaft? Kursbuch, 74.
- USHER, M.B., BOOTH, R.G., & SPARKES, K.E., 1982. A review of progress in the understanding of communities of soil arthropods. Pedobiologia, 23, 126-144.
- VANEK, J., 1975. Veränderungen der Moosmilbenzönose (Acari, Oribatoidea) im Verlauf von 45 Jahren nach Bodensterilisation durch unterirdischen Kohlenflözbrand. In: VANEK, J., (Hg.), Progress in Soil Zoology, 521-532, Prag.

- VANNIER, G., 1970. Réactions des microarthropodes aux variations de l'état hydrique du sol. C.N.R.S. (Paris), 126-144.
- , 1980. Use of microarthropods (mites and springtails) as valuable indicators of soil metabolic activity. In: DINDAL, D. (Hg.), Soil biology as related to land use practices. Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool., 592-603, EPA, Washington, D.C., USA.
- VERHOEF, H.A., 1977. Soil moisture and the population dynamics of coexisting Collembola. In: LOHM, U., PERSSON, T., (Hg.), Soil organisms as components of ecosystems. Proc. 6th int. Coll. Soil Zool., Ecol. Bull. (Stockholm), 25, 480-482.
- VITOUSEK, P.M., & REINERS, W.A., 1975. Ecosystem succession and nutrient retention, a hypothesis. BioScience, 25, 376-381.
- VOLLMER, G., & GEFKEN, T., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 9. Mikrobielle Sukzession unter dem Einfluß von Rekultivierungsmaßnahmen. Verh. Ges. Ökol., 13, im Druck.
- VON TÖRNE, E., 1961. Ökologische Experimente mit *Folsomia candida* (Collembola). Pedobiologia 1, 146-149.
- WALLWORK, J.A., 1967. Acari. In: BURGESS, A., RAW, F., (Hg.), Soil Biology, 363-395, Academic Press, London, New York.
- WEBB, D.P., 1977. Regulation of deciduous forest litter decomposition by soil arthropod faeces. In: MATTSON, W.J., (Hg.), Proc. in life sciences. the role of arthropods in forest ecosystems, 57-69, Springer.
- WEIDEMANN, G., 1979. Müll. Unterricht Biologie, 38, 2-12.
- , 1985: Rekultivierung als ökologisches Problem. 1. Konzept und Probeflächen. Verh. Ges. Ökol., 13, (Bremen 1983), im Druck.

- , KOEHLER, H., & SCHRIEFER, T., 1982. Recultivation: a problem of stabilization during ecosystem development. In: BORNKAMM, R., LEE, J.A., SEAWARD, M.R.D., (Hg.), Urban Ecology, 305-313, Blackwell Sc. Publ. Oxford , etc.
 - , & KOEHLER, H., 1985. Rekultivierung als ökologisches Problem. 4. Die sekundäre Sukzession der Boden-Zoozönose eines Ruderalökosystems und ihre Beeinflussung durch "Rekultivierung". Verh. Ges. Ökol.,13, (Bremen 1983), im Druck.
 - , BOLTE,D.,KOEHLER,H.,MATHES,K.,MÜLLER,M.,SCHULZ,V., VOLLMER,G., 1984. Auffindung von Indikatoren zu prospektiven Bewertung der Belastbarkeit von Ökosystemen: Bezugsökosystem Ödland. BMFT, KfA PTU, im Druck.
- WEIGMANN, G., 1982: The colonization of ruderal biotopes in the city of Berlin by arthropods. In: BORNKAMM, R., et al.,(Hg.),Urban Ecology, 75-82, Blackwell Sc. Publ., Oxford, etc.
- WHELAN, J., 1978. Acarine succession in grassland on cutaway raised bog. Sci. Proc. Royal Dublin Soc., 6, 175-186.
- WHITTAKER, R, 1951. A consideration of climax theory: the climax as a population pattern. Ecol. Monogr., 23, 41-78.
- , 1975. Communities and Ecosystems. New York.
- WILLIAMS,W.T., LANCE,G.N., WEBB,L.J., TRACEY,J.G, & DALE,M.b., 1969. Studies in the numerical analysis of complex rain forest communities. J.Ecol., 57, 515-635.
- WITKAMP, M., CROSSLEY, D.A.,jr., 1966. The role of arthropods and microflora in breakdown of white oak litter. Pedobiologia 6,293-303.

IV Experimentelle Ansätze zur Analyse von Besiedlung und Sukzession

	Seite
1. Einleitung	261
2. Material und Methode	263
2.1 Probeflächen	263
2.1.1 Probeflächen des Käfigversuchs	263
2.1.2 Probeflächen des Anreicherungsversuchs mit Streu	263
2.2 Probenahme, Extraktion, Determination, Bodenanalytik	264
2.3 Laborversuche	265
3. Ergebnisse der Käfig- und Laborversuche	266
3.1 Befunde der bodenanalytischen Untersuchungen	266
3.2 Beeinflussung des Mikroklimas durch die Käfige	267
3.3 Floristische Charakterisierung der Flächen	269
3.4 Mesofaunistische Untersuchungen	272
3.4.1 Laborversuche zur Besiedlung	272
3.4.2 Effekte der Käfige auf die Besiedlung	273
3.4.3 Einfluß der Käfige auf die Entwicklung der Mesofauna	279
4. Der Einfluß der Anreicherung des Bodens mit Wiesenstreu	284
4.1 Befunde der bodenanalytischen Untersuchungen	284
4.2 Entwicklung der Phytocönose	284
4.3 Mesofaunistische Untersuchungen	285
4.3.1 Überleben eingeschleppter Tiere	285
4.3.2 Der Einfluß der Streueinarbeitung auf die Entwicklung der Mesofauna	286
5. Diskussion	301
6. Zusammenfassung	305
7. Literatur	306

1. Einleitung

Die Befunde von Teil III (6.3) werfen Fragen bezüglich der Besiedlung und Kolonisation der Deponieabdeckschicht auf. Beides wird durch die Rekultivierungsmaßnahmen beeinflusst, die wiederum das Mikroklima und die Habitategenschaften des Lebensraumes der Bodentiere, wozu auch die Nahrungsgrundlage der Primärkonsumenten zu zählen ist, verändern.

Um die Besiedlung und insbesondere die phoretische Immigration experimentell zu beeinflussen, wurde ein Freiland-Käfig-Experiment konzipiert. Weiterhin wurde das Entwicklungspotential der evtl. im Boden überdauernden Organismen in Laborexperimenten geprüft.

Die Käfig-Experimente dienten im Langzeitversuch der Untersuchung von mikroklimatischen Einflüssen auf die Entwicklung der Mesofauna. Eine kurzer Überblick über die Problematik und erste Ergebnisse finden sich bei KOEHLER (1983).

Durch Anreicherung des Deponiebodens mit Wiesenstreu wurde versucht, über die Bedeutung des organischen Materials im Boden Aufschluß zu gewinnen. Getestet wurde der Einfluß der Streumenge und -qualität. Damit wurden die Faktoren Habitatstruktur und Nahrungsangebot gegenüber der Kontrolle verändert.

In zahlreichen Untersuchungen wurde die Besiedlung von Kleinhabitaten, wie litter bags (z.B. ANDERSON 1975), Streulagen (BECK, 1984), abgestorbenen Bäumen (SCHIMITSCHEK 1954) oder Kuhfladen (MOHR 1943), studiert. Ein wichtiger Unterschied dieser Arbeiten zu den hier dargestellten Parzellenversuchen liegt nicht nur in der Größe der zu besiedelnden Areale, sondern auch darin, daß die genannten zu besiedelnden Inseln unmittelbar von ausgebildeten Ökosystemen umgeben sind. Die angereicherten Böden des Versuchs auf der Deponie sind von einem erst wenige Woche alten Sukzessionssystem umgeben. Im Gegensatz zu der konsumtiven Sukzession (SCHWERDTFEGER 1975) der zitierten

Versuche liegt hier, wie bei den Anreicherungsversuchen mit Klärschlamm von HUHTA et al. (1979), eine Mischform von konsumtiver und Gestaltungs-Sukzession vor. Reine Gestaltungs-Sukzessionen finden sich im Zusammenhang mit Besiedlungsexperimenten bei den Sterilisationsversuchen von BAWEJA (1938), VANNIER (1980) und den von VANEK (1975) beschriebenen Sukzessionen nach Kohlenflözbrand.

Die Ergebnisse der Versuche werden in zwei Komplexen beschrieben: "Beeinflussung der Besiedlung durch Käfige und Laborexperimente zum Entwicklungspotential des Bodens" und "Veränderung der Habitatqualität durch Anreicherung des Bodens mit Wiesenstreu".

Die Freilandexperimente sind von der in III,1.1 beschriebenen Problematik belastet, daß nicht alle Faktoren, bis auf den zu testenden mit der Kontrolle übereinstimmen. Es werden durch die hohe Korrelation der abiotischen Faktoren (LUXTON 1967) mit dem experimentellen Eingriff immer Faktorenkomplexe beeinflußt.

2. Material und Methode

2.1 Probeflächen

Die Probeflächen befinden sich auf der Siedenburg-Bauschuttdeponie am Rande des Bremer Blocklandes. Die Deponie ist im 3. Teil, 3.1, beschrieben.

2.1.1 Probeflächen des Käfigversuchs

In Quadrant 6.4 (3. Teil, Abb. 2) wurden am 3.6.1980 (24. Woche, Zählung ab 1.1.80 durchlaufend, wie 3. Teil, 3.) von einer ca. 2 x 8 m großen Parzelle 5-10 cm Boden oberflächlich abgetragen, um die gerade (ab 3/80) begonnene Sukzession der Fläche wieder auf einen Nullstatus zu bringen. Der bloße Boden wurde geharkt und von Steinen befreit. Dann wurden drei 1 m² große, in Reihen liegende Areale abgesteckt. Die äußeren beiden Quadrate wurden mit Käfigen, die mit Plastikgaze von 1 mm bzw. 5 mm Maschenweite oben und seitlich bespannt waren, abgedeckt. Das mittlere Quadrat blieb als Kontrolle offen. Die 1 m² großen Käfige besaßen eine lichte Höhe von 20 cm. Plastikplatten reichten seitlich 20 cm tief in den Boden, um horizontale Einwanderungen zu verhindern.

2.1.2 Probeflächen des Anreicherungsversuches

Nur ca. 2 m vom Käfigversuch entfernt waren schon am 25.4.1980 (17. Woche) drei Quadratmeterplots in gleicher Weise auf einen gemeinsamen Nullzustand gebracht worden. In die oberen 5 cm Boden des ersten Quadrates wurden ca. 200g (m_x) lufttrockene Wiesenstreu eingearbeitet, die zweite blieb als Kontrolle unbeeinflusst und der Boden der dritten wurde mit ca. 200g (m_x) vakuumsterilisierter Wiesenstreu (60 °C, 2 Tage) vermischt (ca. 0-5 cm). Die Streu stammt aus den im zweiten Teil beschriebenen Wiesen- und Brachlandflächen.

2.2 Probenahme, Extraktion, Determination, Bodenanalytik

Für die Probenahme wurde jedes Quadrat in 100 Probenahmestellen aufgeteilt. Die randständigen Plätze wurden nicht berücksichtigt. Aus dieser Menge wurden je Probenahmetermin 4 Proben je Variante genommen (25 cm², 0-12cm, unterteilt in 100 cm³-Proben 0-4cm, 4-8cm, 8-12cm). Es wurde darauf geachtet, daß die Probenahmestellen möglichst weit voneinander und von denen der vorangegangenen Probenahmen getrennt lagen. Beim Käfigexperiment war der Stichprobenumfang des ersten "Horizontes" auf Kosten der tieferen Schichten bei der zweiten Probenahme (43. Woche) erhöht, da zu erwarten war, daß die Besiedlung hauptsächlich die obere Schicht erfassen würde.

Die Probenahmeterminen und Angaben zu den Stichprobenumfängen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1.

Probenahmeterminen und Stichprobenumfänge

	Anreicherung		Käfige	
	Datum	Woche	Datum	Woche
	25. 4.80	17	3. 6.80	24
	14. 5.80	20		
	27. 6.80	26		
	29. 7.80	31		
	30. 9.80	40		
	9.12.80	50		
	10.12.81	103	10.10.80	43
			10.12.81	103
Summe Collembola	5001		1957	
Summe Acari	8105		1943	
Summe Gamasina	727		202	
Probenzahl	225		81	

Extraktion und Determination sind im 1. und 3. Teil beschrieben.

In den Käfigen wurden mikroklimatische Messungen (r_F , T , Minimum-Maximum-Temperatur) mit Mikrosensoren (KYBERNA, Bensheim) durchgeführt.

Proben aus allen sechs Parzellen wurden bodenanalytischen Untersuchungen zugeführt.

2.3 Laborversuche

Dem ersten Laborversuch lag die Hypothese zugrunde, daß die Räumlichkeit im 4. Stock des Universitätsgebäudes ohne direkten Kontakt zur Außenwelt (zentrale Klimaanlage) ein maximales Besiedlungshindernis darstellen würde. Boden der Deponie aus 10-50 cm Tiefe wurde von Juni 1980 bis Februar 1981 in Pflanzschalen (ca. 50 x 30 x 7 cm) im Labor aufbewahrt. Eine Zeitlang wurde regelmäßig gegossen, dann folgte eine Trockenperiode und schließlich wurde der Boden wieder feucht gehalten. Es erfolgte Standardprobenahme (0-4 cm, 100 cm³, n=18) und -extraktion (s.o.).

Im zweiten Laborversuch wurde mit einem verschlossenen Plastikzelt die Immigration völlig ausgeschlossen. Gasaustausch war durch große mit Feingaze und Watte verschlossene Flächen möglich, gegossen wurde durch verschließbare Schläuche. Wiederum kamen Pflanzschalen (s.o.) zum Einsatz, in denen Boden aus 20 cm Tiefe 6 Wochen inkubiert wurde. Es erfolgte Standardprobenahme und Extraktion (n=10, s.o.).

Die Temperatur der Laborversuche betrug auf Grund der Klimaanlage konstante 20-22 °C.

3. Ergebnisse der Käfig- und Laborversuche

3.1 Befunde der bodenanalytischen Untersuchungen

Die Befunde der bodenkundlichen Analysen sind in Tabelle 2 unter Hinzunahme des Deckungsgrades der Vegetation zusammengefaßt.

Tabelle 2.

Ergebnisse der bodenkundlichen Analysen, Käfigversuche auf SUK.

Hor cm	3.6.80					10.10.80					10.12.81				
	D %	WG %	pH	W %	C %	D %	WG %	pH	W %	C %	D %	WG %	pH	W %	C %
Kontr. 0-4 4-8 8-12	0					20	16.1	0.02	1.3		95	21.6	7.6	0.4	1.3
							16.2					19.0			
							18.6					19.3			
K5mm 0-4 4-8 8-12	0					30	15.6	0.01	1.3		80	21.7	7.6	0.3	1.3
							16.8					18.0			
							16.0					17.6			
MP	7.6 0.02 1.3														
K1mm 0-4 4-8 8-12	0					60	17.0	0.03	1.3		100	22.4	7.5	0.3	1.5
							17.9					17.4			
							15.0					16.3			

MP= Mischprobe des Nullzustandes; Hor= Probenahmetiefe; D= Deckungsgrad der Vegetation; WG= proz. Wassergehalt von m_x ; W= Wurzelmasse von m_x ; C= Kohlenstoffgehalt nach Lichterfeld.

Die Käfige beeinflussen die gemessenen Bodeneigenschaften wenig. Tendenziell ist der Boden unter dem feinmaschigen Käfig z.T. etwas feuchter, hat nach 1.5 Jahren einen geringfügig niedrigeren pH-Wert und einen etwas höheren C-Gehalt als die Vergleichsflächen. Die Unterschiede sind allesamt nicht signifikant (KOLMONOGOROFF-SMIRNOFF-Test, $P \leq 5\%$). Die Wurzelproduktion setzt erst im zweiten Untersuchungszeitraum ein (10.10.80- 10.12.81). Der Deckungsgrad der Vegetation steigt mit zunehmender Abdeckung der Flächen.

Der durch die Käfige verursachte mechanische Schutz des Bodens gegen Platzregen hat eine im Verhältnis zur Kontrolle geringere oberflächliche Verschlammung der Flächen zur Folge.

3.2 Beeinflussung des Mikroklimas durch die Käfige

Die Temperaturen wurden in 1cm Tiefe mit Minimax-Thermometern gemessen. Im Boden unter den Käfigen sind die Temperaturminima und -maxima tiefer (am tiefsten unter der 1mm Maschenweite) und besitzen eine etwas geringere Amplitude.

Der in Abb. 1 dargestellte Tagesgang von Temperatur und relativer Luftfeuchte (Messung 1cm über der Bodenoberfläche) bestätigt die mit den Minimax-Thermometern erhaltenen Resultate.

Die Luft unter dem Käfig mit 1mm Maschenweite ist über den gesamten Meßzeitraum mit Wasserdampf gesättigt (Kondenswasser auf dem Mikrosensor), während die unter dem 5mm- Käfig in den Vormittagsstunden schon unter 100% abfällt. Die Luft über dem Boden der Kontrolle erreicht lediglich am Abend gegen 20⁰⁰ rF-Werte von 100%.

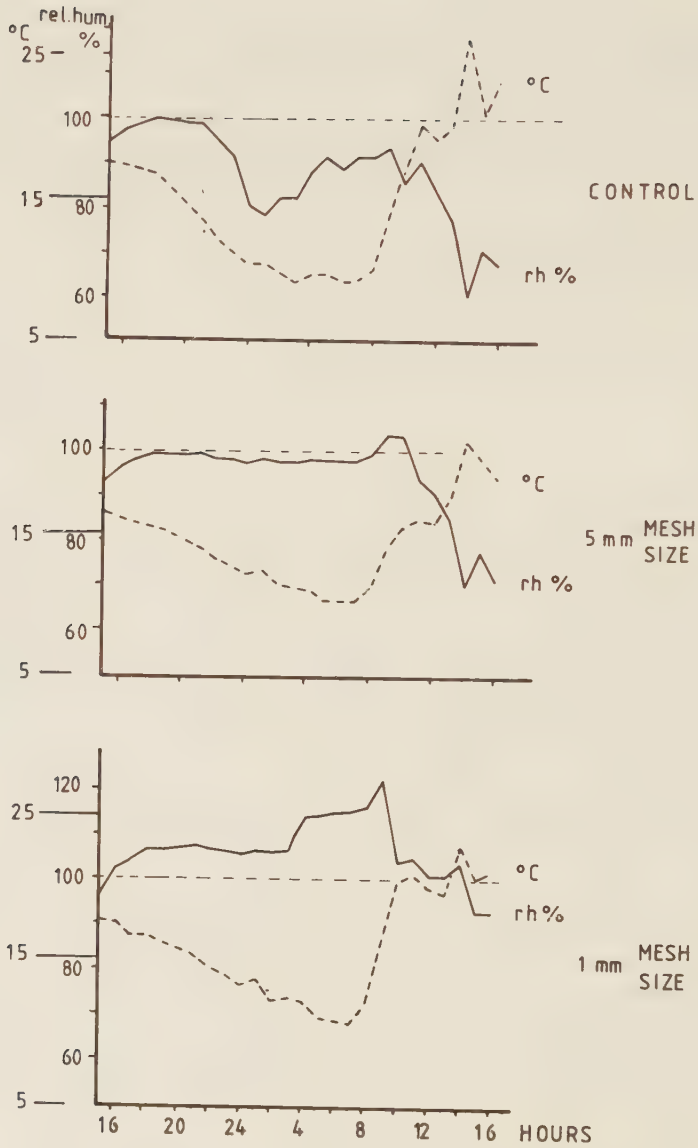


Abb.1: Käfigversuche: Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Temperatur, 1 cm über Bodenoberfläche.

Die Käfige produzieren ihr eigenes Mikroklima. Besonders die Luftfeuchte ist in den Käfigen gegenüber der Kontrolle deutlich erhöht. Die ausgeprägten Unterschiede der relativen Luftfeuchte spiegeln sich in den Bodenwassergehalten nicht wider, wohl aber im Deckungsgrad der Vegetation (Tabelle 1).

Der temperaturerniedrigende und -ausgleichende Effekt der Käfige entspricht dem der Hochstaudenflur auf SUK. Die erhöhte relative Luftfeuchte unter den Käfigen wird auf REK durch das bodennahe "feinmaschige Netz" der Grashalme verursacht. Das Licht und Regen abhaltende "Netz" von SUK (hohe Interzeptionsverluste) liegt zu hoch über dem Boden (ca. 1m), als daß es die bodennahen Luftschichten beeinflussen würde (vgl. dritter Teil, 4.1, 4.2). Die Käfige simulieren somit einzelne mikroklimatische Aspekte von SUK und REK.

3.3 Floristische Charakterisierung der Flächen (in Zusammenarbeit mit Dr. J. MÜLLER, Bremen)

Mit dem Versuchsansatz wurde nicht nur der Deckungsgrad der Vegetation, sondern auch die Artenzusammensetzung der Phytozönose beeinflußt.

Die Auswirkungen der durch die Käfige verursachten Veränderungen des Mikroklimas auf die Vegetation werden aus Tabelle 3 deutlich. Die Kontrollfläche besitzt bei geringstem Deckungsgrad auch die geringste Artenzahl, was auf Absterben von Keimlings- und Jugendstadien bzw. deren fehlende Entwicklung auf Grund der härteren klimatischen Bedingungen zurückzuführen ist. Die im Vergleich zur Kontrolle erhöhte relative Luftfeuchtigkeit in den Käfigen ermöglicht eine üppige Vegetationsentwicklung. Dazu trägt auch der mechanische Schutz der Käfige gegen Platzregen bei, der gerade Jungpflanzen schädigen kann. Pflanzen, die zumindest im Keimlingsstadium empfindlich gegenüber Trockenheit sind, finden sich ausschließlich unter den Käfigen (*Gnaphalium uligonobum*, *Sonchus oleraceus*, *Conyza canadensis*). Das gilt auch für die Moose. Der Krumenfeuchtezeiger *Juncus buffonius* weist auf eine oberflächliche Vernässung während der Keimung hin, eine Tatsache, die auf Grund von oberflächlicher Krustenbildung auf der Kontrollfläche und , in geringerem Maße, unter dem weitmaschigen Käfig zu beobachten war. Allen Varianten gemeinsam sind Verdichtungs- und Nässeanzeiger wie *Tussilago farfara*, *Plantago major*, *Matricaria inodora*.

Tabelle 3.

Artenliste der Vegetation der drei Flächen (10.10.80).

a)

0-Kontrolle

Deckung 20 %

Tussilago farfara (D)
Plantago major (D)
Matricaria inodora
Oenothera biennis
Melilotus alb./ offic.
Artemisia vulgaris
Capsella bursa past.
Geranium spec.
Tanacetum vulgare
Chenopodium album
Juncus bufonius

Gräser

*Poa annua**Agrostis stolonifera**Holcus lanatus*

Artenzahl: 14

gemeinsam mit c): 8,57 %

gemeinsam mit b): 10,71 %

b)

Käfig: Maschenweite 5 mm

Deckung 30 % ohne Moose
 40 % Moose

Melilotus alb./ offic.
Sonchus oleraceus
Oenothera biennis
Rumex obtusifolius
Artemisia vulgaris
Tanacetum vulgare
Plantago lanceolata
Plantago major
Capsella bursa past.
Calystegia sepium
Polygonum aviculare
Solanum dulcamara
Juncus bufonius
Matricaria inodora
Gnaphalium uliginosum
Chenopodium album
Sagina procumbens

Gräser

*Holcus lanatus**Agrostis stolonifera*

Artenzahl: 20

gemeinsam mit 0: 10,50 %

gemeinsam mit c): 11,55 %

(Tabelle 3.)

c)

Käfig: Maschenweite 1mm

Deckung 60 % ohne Moose

30 % Moose

Melilotus alb./ offic. (D)

Tussilago farfara

Artemisia vulgaris

Tanacetum vulgare

Matricaria inodora

Sonchus oleraceus

Plantago major

Rumex obtusifolius

Galinsoga parviflora

Polygonum aviculare

Capsella bursa past.

Conyza canadensis

Sinapis arvensis

Cnaphalium uliginosum

Senecio viscosus

Urtica dioica

Gräser

Holcus lanatus

Poa annua

Agrostis tenuis

Artenzahl : 19

gemeinsam mit 0 : 8,42 %

gemeinsam mit b): 11,58 %

3.4 Mesofaunistische Untersuchungen

3.4.1 Laborversuche zur Besiedlung

Der Boden der im Labor offen stehenden Pflanzschalen wies mit 62,8 Tsd. Ind./m² Acari eine Besiedlungsdichte auf, die selbst die im Boden des feinmaschigen Käfigs auftretenden Maximalwerte der drei Varianten übertraf (Tabelle 3). Im Unterschied zum Freiland machten die Tyroglyphiden einen hohen Prozentsatz des Gruppenspektrums aus und zeigten das trockene Raumklima an. Auch einige Oribatei wurden im Boden des Laborversuchs gefunden. Die Collembolen waren durch das trockene Innenraumklima in ihrer Entwicklung beeinträchtigt und erreichten nur eine Abundanz von 9,6 Tsd. Ind./m².

Das Artenspektrum der Gamasina unterschied sich mit *Lasioseius fimetorum* als eudominanter Art stark von dem der im Freiland-Deponieboden gefundenen Lebensgemeinschaften. *L.fimetorum* wurde in der gesamten Untersuchung (Teil 1 bis 4) sonst in keinem Boden nachgewiesen. Die Art ist somit als 'Labortier' anzusehen. Weiterhin traten die auch auf der Deponie gefundenen Arten *H. claviger claviger*, *S.borealis* und *R.silesiacus*, aber keine *A.cetratus* auf.

3.4.2 Effekte der Käfige auf die Besiedlung

Für die Erörterung der Besiedlung wird lediglich die Probenahme 4 Monate nach t_0 (=Nullzustand 3.6.80) herangezogen (43. Woche).

Die Käfige wirken in der Regel nicht als Besiedlungshindernis für die Gruppen. Die Kolonisation wird sogar unterstützt. Im Boden unter dem Käfig mit 1mm Maschenweite wurden die höchsten Abundanzen gefunden (bis auf die Dipteren-Larven und die Nanorchestidae, Abb.2).

Die Besiedlung durch Gamasinen wird durch den feinmaschigen Käfig etwas beeinträchtigt. Es finden sich hier 3 Arten (*A.siculus*, *A.cetratus*, *R.silesiacus*), im Boden unter dem 5mm-Käfig 4 Arten und auf der Kontrolle drei. Die relativ große *Sneconiger* kommt nur auf der Kontrolle vor.

Die Staffelung der Abundanzen der Milben insgesamt, der Gamasina und die der in allen drei Flächen vorkommenden *A.cetratus* und *R.silesiacus* ist Kontrolle < 5mm < 1mm. Die Dominanzverhältnisse sind in Abb.2 als Kreisdiagramme dargestellt. Es fällt auf, daß der Anteil von *A.cetratus* mit der Zunahme der relativen Feuchte ansteigt. Falls für *A.cetratus* und die ebenfalls im Boden des 1mm-Käfigs (und nur hier) vorkommende *A.siculus* phoretische Verbreitung vorliegt (BINN 1972), muß sie durch sehr kleine Insekten erfolgen. Wahrscheinlich liegt noch ein anderer Verbreitungsmechanismus vor, z.B. Windverdriftung.

Die Befunde belegen, daß es einer großen Anzahl von Tieren möglich ist, die Deponie zu erreichen. Nur wenige können sich ansiedeln. Die Selektion der frühen Kolonisatoren und die Ausbildung der Pioniersynusien wird stark von den abiotischen Verhältnissen, wie im vorliegenden Fall dem Mikroklima, geprägt.

Tabelle 3.

Abundanzen einiger Mesofauna-Gruppen des Käfig- und Laborversuchs
(0-4 cm, in Tsd./m²).

		10.10.80	10.12.80	Labor
Collembola	Kontr.	0.3	4.6	9.6
	5 mm	2.5	28.1	
	1 mm	5.2	74.2	
Acari	Kontr.	4.9	14.4	62.8
	5 mm	18.4	16.3	
	1 mm	27.2	10.4	
Gamasina	Kontr.	0.2	0.6	1.5
	5 mm	0.3	0.7	
	1 mm	1.2	1.8	

Die zusammenfassende Betrachtung der Befunde macht deutlich, daß die Einschränkung der Besiedlung kein Hindernis für die Kolonisierung des Deponiebodens darstellt. Die mikroklimatischen Unterschiede beeinflussen Abundanz und Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Bodens. Besonders die hohe Luftfeuchte benötigten Collembolen finden im Boden unter dem feinmaschigen Käfig gute Entwicklungsmöglichkeiten. Schon in der relativ kurzen Zeitspanne von 4 Monaten konnten sich einige Populationen auf Grund der ihnen zusagenden mikroklimatischen Verhältnisse gut entwickeln (z.B. Nanorchestidae im Freiland, Tyroglyphidae im Labor).

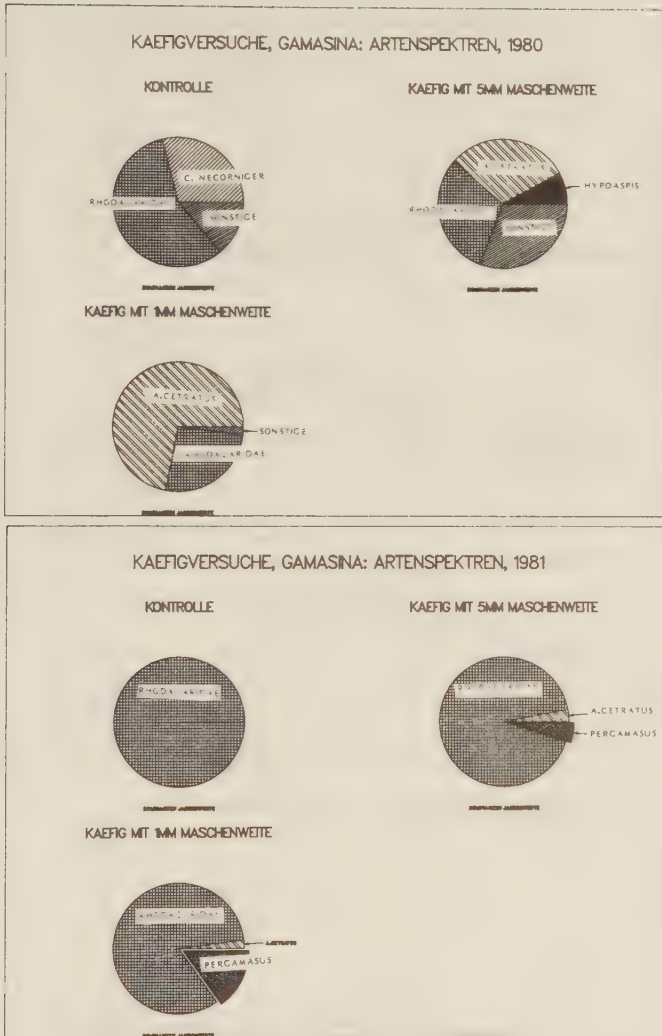
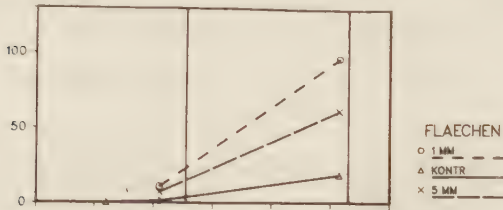


Abb.2: Artenspektren der Gamasina im Boden der drei Versuchsvarianten (Probenahme 10.10.80 und 10.12.81, 0-12 cm).

ABUNDANZENTWICKLUNG DER COLLEMBOLA, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER SYMPHILEONA, 0-12CM



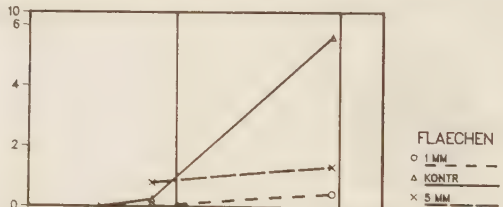
ABUNDANZENTWICKLUNG DER PROTURA, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER ENCHYTRAEIDAE, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER DIPT.LARVEN, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER COLLARVEN, 0-12CM

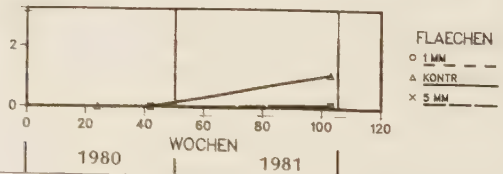


Abb. 3a: Käfigversuch: Abundanzentwicklung der Mesofauna-Gruppen

ABUNDANZENTWICKLUNG DER ACARI, 0-12CM

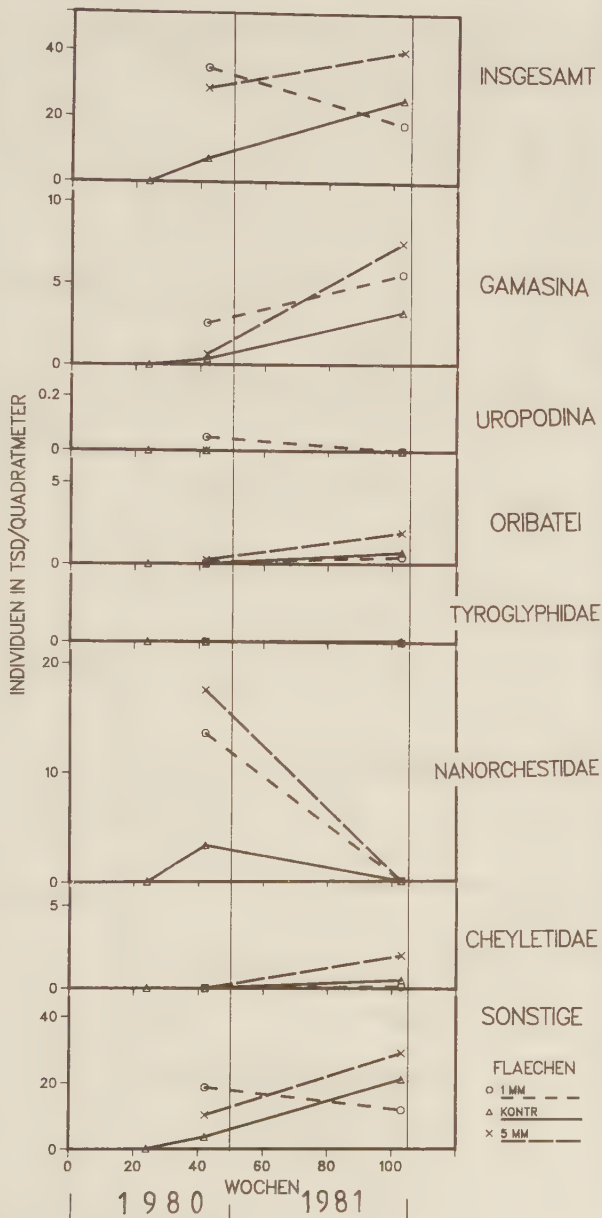


Abb. 3b: Käfigversuch: Abundanzentwicklung der Acari-Gruppen (0-12cm).

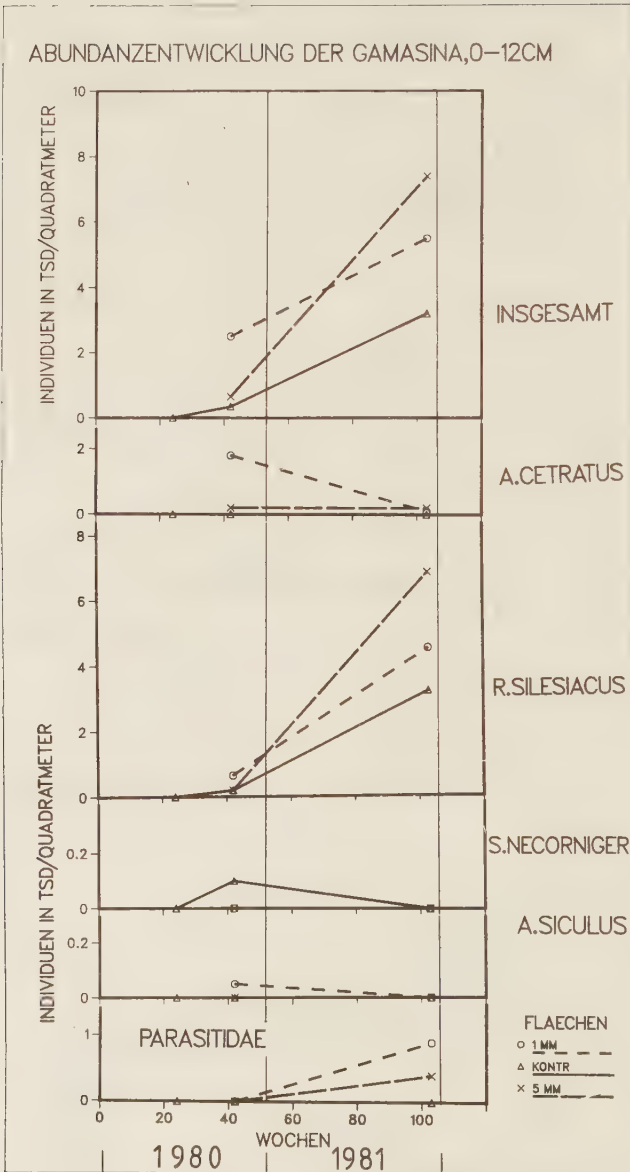


Abb. 4: Käfigversuch: Abundanzentwicklung der Gamasina-Arten (0-12cm).

3.4.3 Der Einfluß der Käfige auf die Entwicklung der Mesofauna

Die in Abb. 3a dargestellte Entwicklung der untersuchten Mesofauna-Gruppen zeigt im Zeitraum vom 10.10.80 bis 10.12.81, daß die Collembola und die Protura von den vom feinmaschigen Käfig geschaffenen Verhältnissen profitieren. Ihre Abundanzen steigen mit zunehmender Bedeckung deutlich an. Maximale Abundanzen im 5 mm- Käfig erreichen die Enchytraeiden und die Acari insgesamt (Abb. 3b). Die geringsten Wohndichten werden auf der Kontrolle oder bei den Acari auch unter dem feinmaschigen Netz gefunden (Probenahme 10.12.80).

Für die Dipteren und Coleopteren-Larven ist außer möglichen entwicklungshemmenden Effekten der Käfige die Einschränkung der Besiedlung die Ursache der niedrigen Abundanzen unter den Käfigen. Die beiden Gruppen und die Symphypleona erreichen auf der Kontrolle ihre maximalen Siedlungsdichten.

Die in Abb. 3b dargestellten Milbengruppen profitieren in der Regel vom Effekt der Käfige, doch ist es im Langzeitversuch meist der Boden unter dem 5 mm- Käfig, der die höchsten Abundanzen aufweist. Dies gilt auch für die in Abb. 4 dargestellte Abundanzentwicklung der Gamasina-Arten. Im allgemeinen sind die Abundanzen im Boden der Kontrolle am niedrigsten, bis auf *S.necromiger*, deren Besiedlung wahrscheinlich von den Käfigen behindert wird.

Das Artenspektrum der Gamasina verändert sich von 1980 bis Ende 1981 stark. *R.silesiacus* wird zur beherrschenden Art und *A.cetratus* wird nur noch vereinzelt gefunden. Die Parasitidae treten auf (Abb.4).

Bemerkenswert ist die Entwicklung der als in hohem Maße phoretisch angesehenene Familie der Parasitidae, die im Boden unter dem feinmaschigen Netz die höchsten und auf der Kontrolle die niedrigsten (keine Funde) Abundanzen aufweist. Der Effekt der Einschränkung der Besiedlung durch die Käfige tritt also im Verhältnis zur Veränderung des Milieus deutlich in den Hintergrund.

Die Betrachtung der Horizontalverteilung (Abb. 5a,b) bestätigt die aus den Befunden der im 3. Teil geschilderten Sukzessionsuntersuchung abgeleitete Folgerung, daß die Collembolen auf Grund der ihnen nicht zusagenden klimatischen Bedingungen die tieferen Schichten besiedeln (3.Teil, 5.4): Die Beeinflussung der Siedlungsdichten erfolgt hauptsächlich

im stark vom Mikroklima beeinflussten oberen "Horizont". Die Abundanz der Bodenschicht 8-12 cm ist unter dem feinmaschigen Netz am niedrigsten, was als Indiz für klimatisch bedingte Horizontalwanderungen anzusehen ist (VANNIER 1970): die tiefen Bodenschichten werden nur aufgesucht, wenn die Lebensbedingungen der oberen Schicht schlecht sind. Dies ist natürlich nur im Rahmen der durch die Körpergröße gesetzten Grenzen möglich und gilt nicht für die typischen Bewohner der tieferen Schichten.

Die Abundanzentwicklung der Milbengruppen wird in den einzelnen Bodenschichten von den Käfigen unterschiedlich beeinflusst (Abb. 5b). Die im 3. Teil als Bewohner des zweiten "Horizontes" (4-8 cm) auftretenden Nanorchestiden verhalten sich hier als Oberflächentiere und ihre Abundanz wird deutlich von den durch die Käfige hervorgerufenen Veränderungen geprägt. Sie erscheinen in dieser Untersuchung (43. Woche) wie auf SUK und REK als frühe Besiedler (dort erste Besiedlungswelle 38. Woche).

Die Gamasina-Abundanz der oberen Schicht ist auf der Kontrolle am niedrigsten. Stärkste Förderung erfährt die Lebensgemeinschaft der Tiefe im Boden des 5 mm- Käfigs. Sie wird durch eine starke Populationsentwicklung des Tiefenbewohners *R. silesiacus* hervorgerufen (Abb. 6).

A. cetratus ist auch hier wie bei der im 3. Teil geschilderten Untersuchung ein Vertreter der frühen Sukzessionsphase und lebt verstärkt an der Bodenoberfläche. Hinweise auf ein schon des öfteren vermutetes Konkurrenzverhältnis von *A. cetratus* mit *R. silesiacus* gibt das Fehlen von *A. cetratus* im zweiten "Horizont" bei der Probenahme 43. Woche im 1mm-Käfig, in dem zu diesem Zeitpunkt der größte Teil der *R. silesiacus*-Population lebt. *A. cetratus* kommt zum selben Termin in der tiefsten Bodenschicht von 8-12 cm wieder vor, in der *R. silesiacus* nur vereinzelt auftritt.

Die Parasitidae sind im Einklang mit den Befunden des 3. Teils Oberflächenbewohner.

Im späteren Sukzessionsstadium ist der Einfluß der Käfige auf die Abundanz und Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften nicht mehr so eindeutig nachzuweisen wie zu Anfang. Interaktionen der Tiere untereinander und mit der Phytozönose und anderen Kompartimenten verkomplizieren das Bild. Die Sukzession, die zu Anfang überwiegend abiotisch gesteuert war, wird zunehmend von biotischen Faktoren kontrolliert.

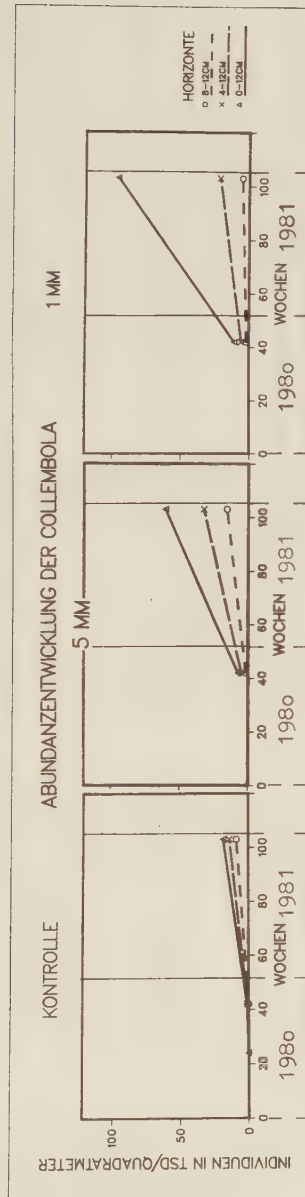


Abb. 5a: Käfigversuche: Abundanzentwicklung der Collembola in den einzelnen Bodenschichten.

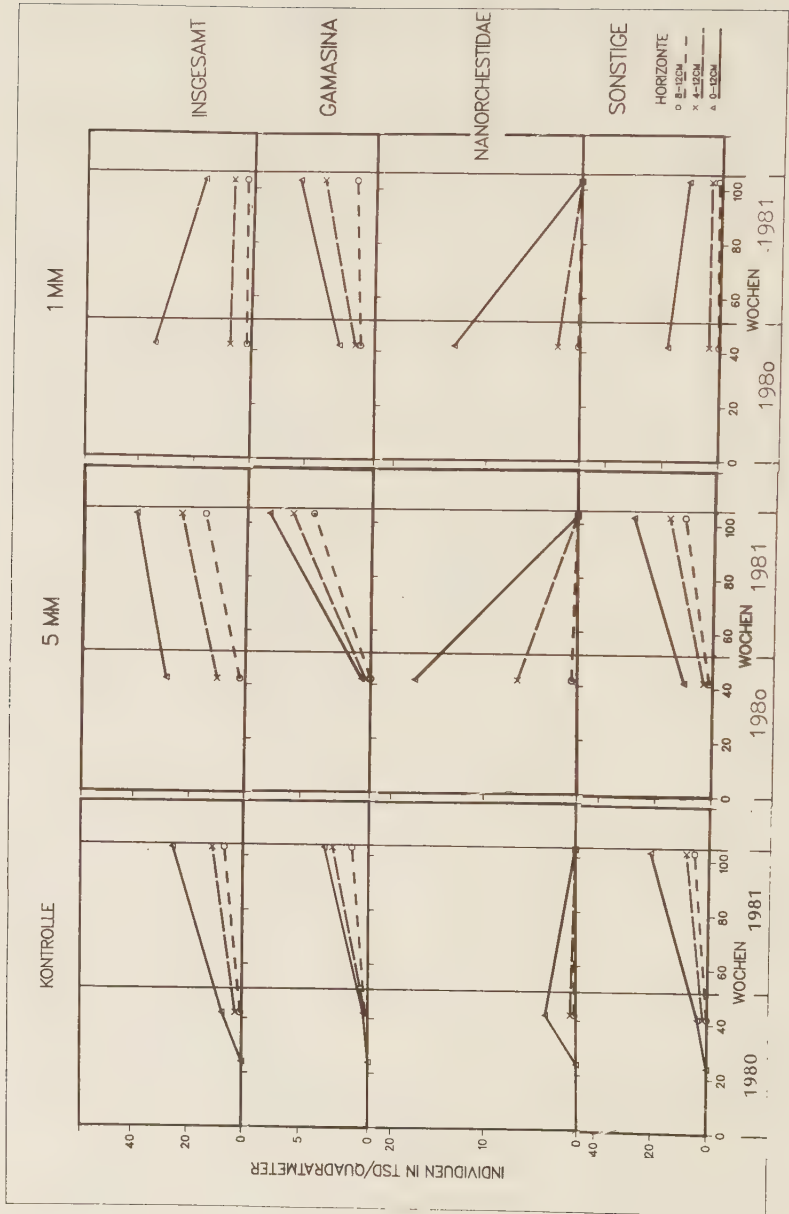


Abb. 5b: Käfigversuche: Abundanzentwicklung der Milbengruppen in den einzelnen Bodenschichten.

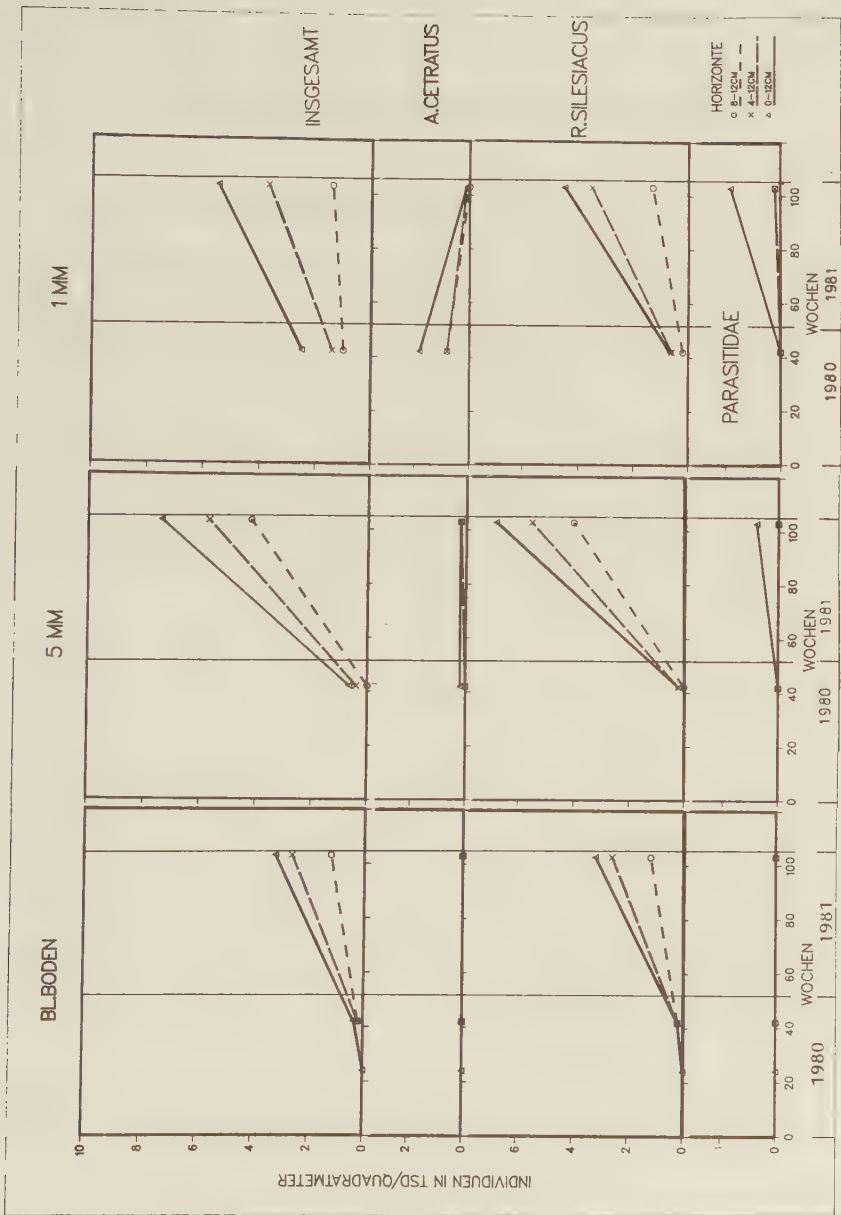


Abb. 6: Käfigversuche: Anundanzentwicklung der Gamasina-Arten in den einzelnen Bodenschichten.

4. Der Einfluß der Anreicherung des Bodens mit Wiesen-Streu

4.1 Befunde der bodenanalytischen Untersuchungen

Durch die Einarbeitung der Streu in die obersten Bodenschicht (ca. 0-5 cm) wurde der Gehalt an organischer Substanz im Boden von 2.5 % auf 3.2 % (von m_x) erhöht (Durchschnittswerte). Der Gehalt an organischer Substanz nimmt im Laufe der Zeit bis zum 10.12.81 um ca. 0.5% auf allen drei Varianten gleichermaßen zu.

Der Wassergehalt des Bodens ändert sich durch die Streueinarbeitung nur unwesentlich. Die angereicherten Flächen haben anfangs einen um ca. 2% höheren prozentualen Bodenwassergehalt als die Kontrolle.

Das Boden-Mikroklima wird leicht verändert, indem die Kontrollfläche etwas wärmer ist als die Streuvarianten. Dies macht sich aber auch nur anfangs bis zum Aufkommen der Vegetation bemerkbar.

4.2 Entwicklung der Phytozönose

Die Entwicklung des Deckungsgrades der Phytozönose verlief auf den drei Flächen nicht unterschiedlich. Zum Zeitpunkt der Probenahme der 103. Woche (10.12.81) war *Holcus lanatus* auf den drei Varianten dominant. Darüberhinaus traten mit größeren Beständen auf der Kontrolle *Agrostis stolonifera*, auf der Fläche mit der hitzebehandelten Streu *Deschampsia caespitosa* und *Calamagrostis epigeios* und auf der Streufläche *D.Caespitosa*, *Ranunculus repens*, *Typhoides arundinacea* und *Dactylis glomerata* auf.¹

¹Für die vegetationskundlichen Aufnahmen danke ich Dr.J.MÜLLER.

4.3 Mesofaunistische Untersuchungen

4.3.1 Überleben eingeschleppter Tiere

Mit der lediglich luftgetrockneten Streu wurde der Deponieboden mit Wiesen-Tieren beimpft. Besonders auffallend ist dies bei den Uropodina und den Oribatei. Beide Gruppen finden jedoch keine optimalen Verhältnisse vor, ihre Abundanzen gehen im Laufe der Sukzession zurück.

Das Artenspektrum der Oribatei wird im Zeitverlauf reduziert (BECKMANN, in Vorber.). Das Artenspektrum der Gamasina ist auf der Streu-Fläche 1980 mit 11 Arten am höchsten, gefolgt von nur 4 Arten auf der Kontrolle und 2 Arten im Boden der hitzebehandelten Streu-Variante. Die Artenzahl der letztgenannten steigt auf 6 und die der Kontrolle auf 5 bei der Probenahme vom 10.12.81. Die im Boden der Streuvariante sinkt auf 8. Die folgenden Gamasina-Arten werden nur im ersten Jahr gefunden: *Alaphys siculus*, *Arctoseius cetratus*, *Rhodacarus anconae*, *Dendroseius reticulatus*, *Dendrolaelaps strenskei*, *D. angulosus*, *Dendrolaelaps spec.*. Als Pionier-Arten, die im Lauf der Sukzession verdrängt werden, sind nach den Befunden der im dritten Teil dargestellten Sukzessionsuntersuchung *A. siculus*, *A. cetratus* und *R. anconae* anzusprechen. Die anderen Arten verschwinden nicht im Zusammenhang mit Sukzessionsvorgängen, sondern auf Grund der ihnen nicht zusagenden Lebensbedingungen. Sie können auf der Deponie trotz der Substratanreicherung nicht überleben. Alle genannten Arten wurden in der im zweiten Teil dargestellten Untersuchung im Boden des Brachlandes und der Wiese gefunden, dem Ursprung der transplantierten Streu. Damit ist die Bedeutung der Verbreitungskraft (dispersal power) und die der mit Substratanreicherung erzielten Habitatverbesserung relativiert: andere Faktoren müssen Werte jenseits der ökologischen Potenz der genannten Arten annehmen und damit die Kolonisation verhindern.

4.3.2 Der Einfluß der Streueinarbeitung auf die Entwicklung der Mesofauna.

Alle Gruppen der Mesofauna erfahren durch die Streueinarbeitung eine Förderung ihrer Abundanzentwicklung (Abb.7). Die Wohndichten im Boden der Variante mit "sterilisierter" Streu sind meist am höchsten. Im Boden der Kontrollfläche werden (bis auf Enchytraeidae und Dipteren-Larven der Probenahme der 40. Woche) die geringsten Abundanzen gefunden.

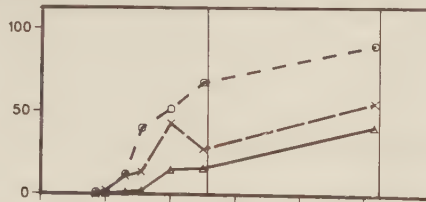
Bemerkenswert ist die modellhaft verlaufende Kurve (logistische Kurve) der Collembolen-Abundanzen der "sterilisierten"-Streu-Variante, ein Hinweis auf die regulierende Wirkung anfangs leicht verfügbarer Ressourcen. Auch die von der Siedlungsdichte der Beute abhängige Entwicklung von Räubern spielt für die Regulation des Populationswachstums eine Rolle (s.u.).

Die Betrachtung der Entwicklung der Milbengruppen führt, wie bei dem Käfigversuch, zu differenzierteren Resultaten (Abb. 8a, b). Die Uropodina und die Oribatei erreichen nur auf der Streu-Fläche nennenswerte Abundanzen, ein deutliches Indiz dafür, daß die Tiere mit dem Material eingeschleppt worden sind. Der Abundanzschwund ist auf die suboptimalen Bedingungen des Deponiebodens zurückzuführen (s. 4.3.1).

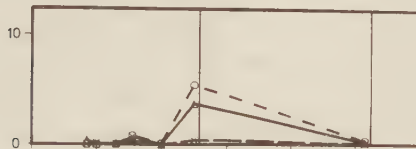
Die Abundanzentwicklung der Acari insgesamt wird durch die Aufschlüsselung in Gruppen verständlich. Die Streufläche hat einen Entwicklungsvorsprung auf Grund der eingeschleppten Oribatei, der starke Zuwachs der Tyroglyphiden ist für den Anstieg der Abundanzkurve Ende September (40. Woche) auf der "sterilisierten"-Streu-Variante verantwortlich (Abb. 8b). Die starke Populationsentwicklung ist auf die Sommer-trockenheit, das große Angebot leicht zersetzbarer Substanz (auf Grund der Hitzebehandlung) und auf Hasenkot als "beliebtes" Substrat zurückzuführen, der aber auch auf der anderen Streu-Variante gefunden wurde, jedoch nicht auf der Kontrollfläche. Die Summenabundanz der Acari der Kontrollfläche wird durch die "Sonstigen" geprägt.

INDIVIDUEN IN TSD/QUADRATMETER

ABUNDANZENTWICKLUNG DER COLLEMBOLA, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER SYMPHILEONA, 0-12CM



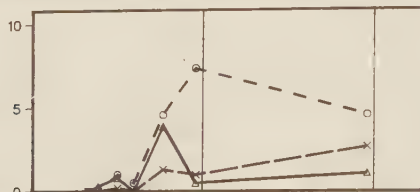
ABUNDANZENTWICKLUNG DER PROTURA, 0-12CM



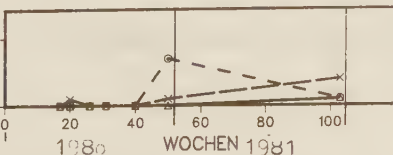
ABUNDANZENTWICKLUNG DER ENCHYTRAEIDAE, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER DIPT.LARVEN, 0-12CM



ABUNDANZENTWICKLUNG DER COLLARVEN, 0-12CM



FLÄCHEN

○ HB-STREU

△ RODEN

× STREU

1980 WOCHEN 1981

Abb. 7: Anreicherungsversuch: die Abundanzentwicklung von Gruppen der Mesofauna auf den drei Varianten (0-12 cm).

ABUNDANZENTWICKLUNG DER ACARI, 0-12CM

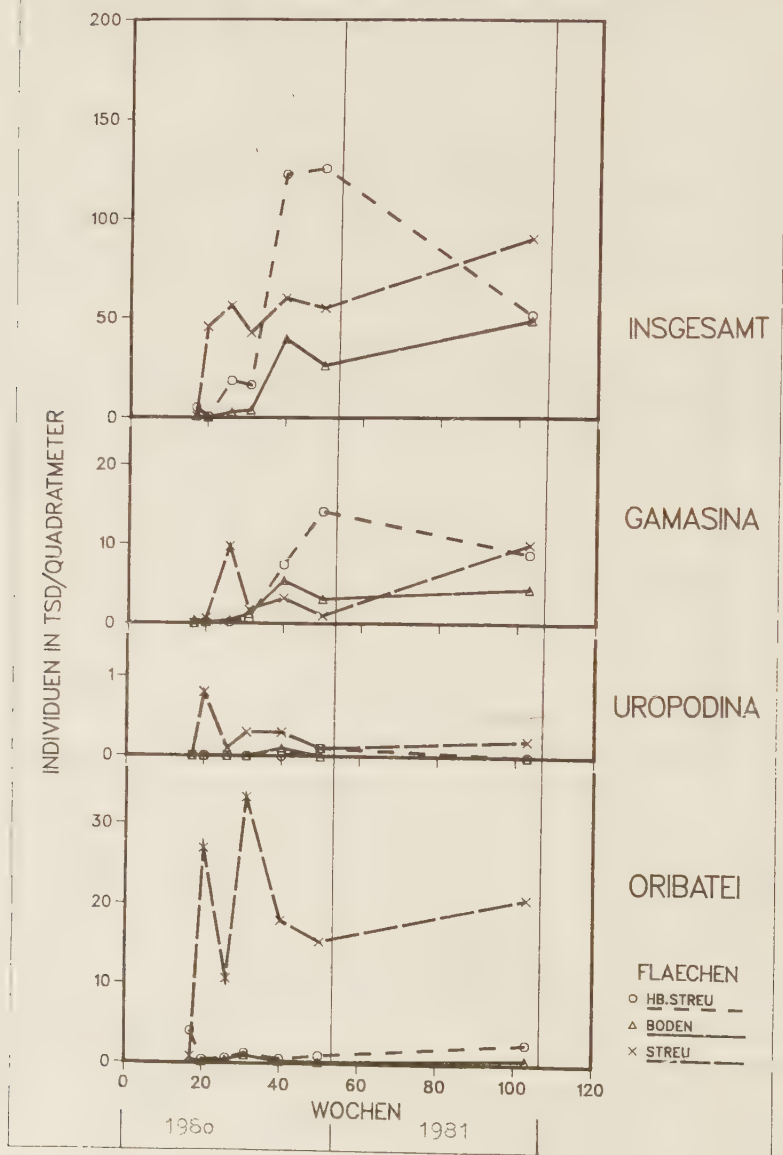


Abb. 8a: Anreicherungsversuch: die Abundanzentwicklung der Milbengruppen auf den drei Varianten (0-12 cm).

ABUNDANZENTWICKLUNG DER ACARI, 0-12CM

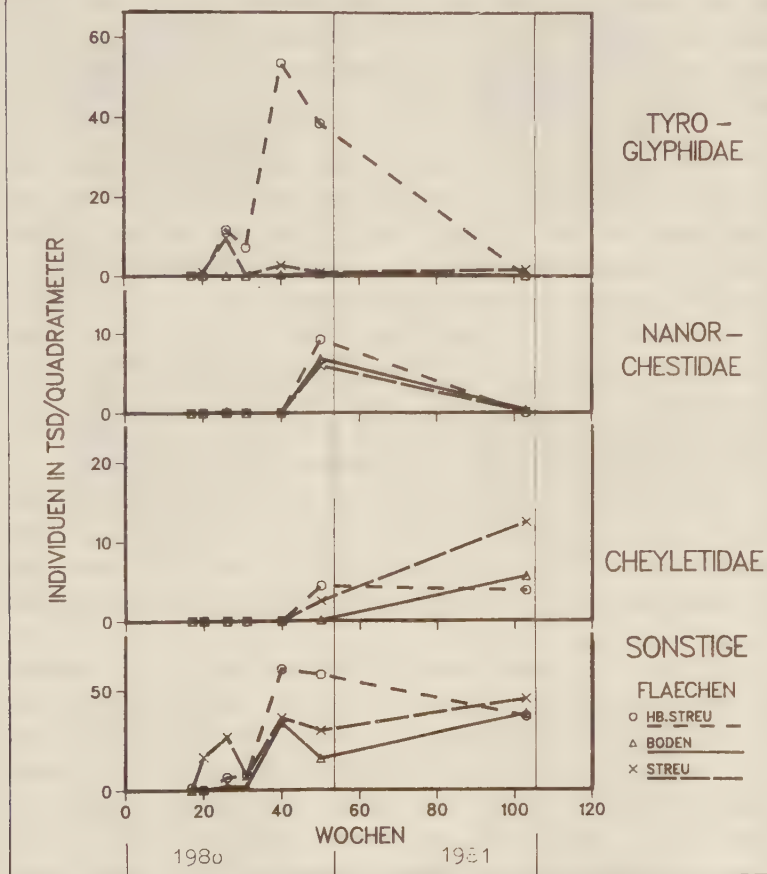


Abb. 8b: wie Abb. 8a

Die Artenspektren der zusammengefaßten Proben von 1980 sind stark von *A.cetratus* und *R.silesiacus* geprägt (Abb.9). *A.cetratus* kommt in den Herkunftsflächen der Streu nicht vor, ist also ein deponietypischer Besiedler der Streuvariante. Die Dominanz der Art ist in der "sterilen"-Streu-Fläche am höchsten, gefolgt von der Streufläche und der Kontrolle, auf der *R.silesiacus* hochdominant ist. Die Probenahme im Dezember 1981 ergab eine starke Zunahme der *R.silesiacus*-Population und einen Rückgang von *A.cetratus*. Die Artenspektren sind unter sich und denen des Käfigversuchs (1981) sehr ähnlich.

Das Populationswachstum der Gamasina auf der Fläche mit der "sterilisierten" Streu folgt der Abundanzentwicklung der Collembolen mit einer Verzögerung von 11 Wochen (Abb.10). Dies läßt auf Räuber-Beute-Zusammenhänge schließen, die in den anderen hier geschilderten Versuchen und Untersuchungen noch nicht herausgearbeitet werden konnten, aber in der Literatur häufiger erwähnt werden (z.B. KARG 1961). Hier liegt demnach eine biotische Steuerung der Populationsentwicklung durch Interaktionen vor. Im Gegensatz dazu werden die Abundanzen der Collembola oder der Tyroglyphidae durch die vorhandenen Ressourcen und mikroklimatischen Verhältnisse des Habitats beeinflußt.

Die Korrelation der Gamasina-Abundanzen mit denen der Collembola (0-4cm) ergibt Koeffizienten (PEARSON), die den in der Grafik offensichtlich werdenden Sachverhalt nicht so deutlich wiedergeben. Dies ist auf die verzögerte Reaktion der Räuber zurückzuführen ($r_{\text{kontr}} = 0.46$, $r_{\text{streu}} = 0.11$, $r_{\text{beh.streu}} = 0.53$).

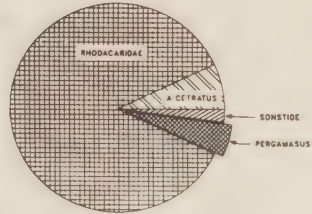
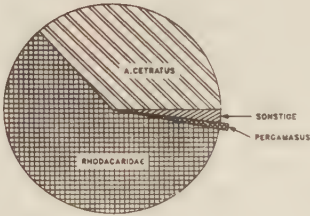
Eine andere potentielle Beute der Gamasina sind die Dipterenlarven. Sie besitzen eine den Gamasinen parallele Abundanzdynamik. Der Korrelationskoeffizient ähnelt mit $r = 0.52$ dem der Gamasina-Collembola-Korrelation. Die Räuber-Beute-Hypothese kann damit nur schwach abgesichert werden. Die zeitliche Koinzidenz der beiden Abundanzkurven (Fehlen eines time-lags) stellt die Hypothese sogar in Frage. Es ist nicht möglich, an Hand der vorliegenden Befunde zu entscheiden, welche Interaktion mit welcher Intensität stattfindet.

1980

12.1981

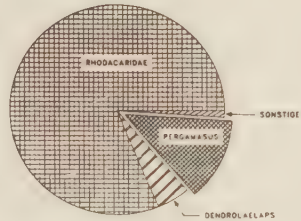
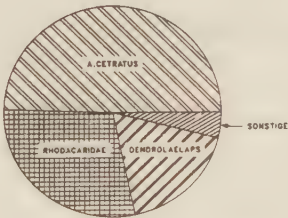
KONTROLLE

KONTROLLE



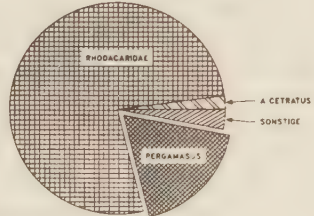
BODEN MIT EINGEARB. STREU

BODEN MIT EINGEARB. STREU



BODEN MIT EINGEARB. HBEH. STREU

BODEN MIT EINGEARB. HBEH. STREU



DOMINANZEN JAHRESWERT

DOMINANZEN JAHRESWERT

Abb. 9: Anreicherungsversuch: Artenspektren der Gamasina-Synusien der einzelnen Varianten (0-12cm).

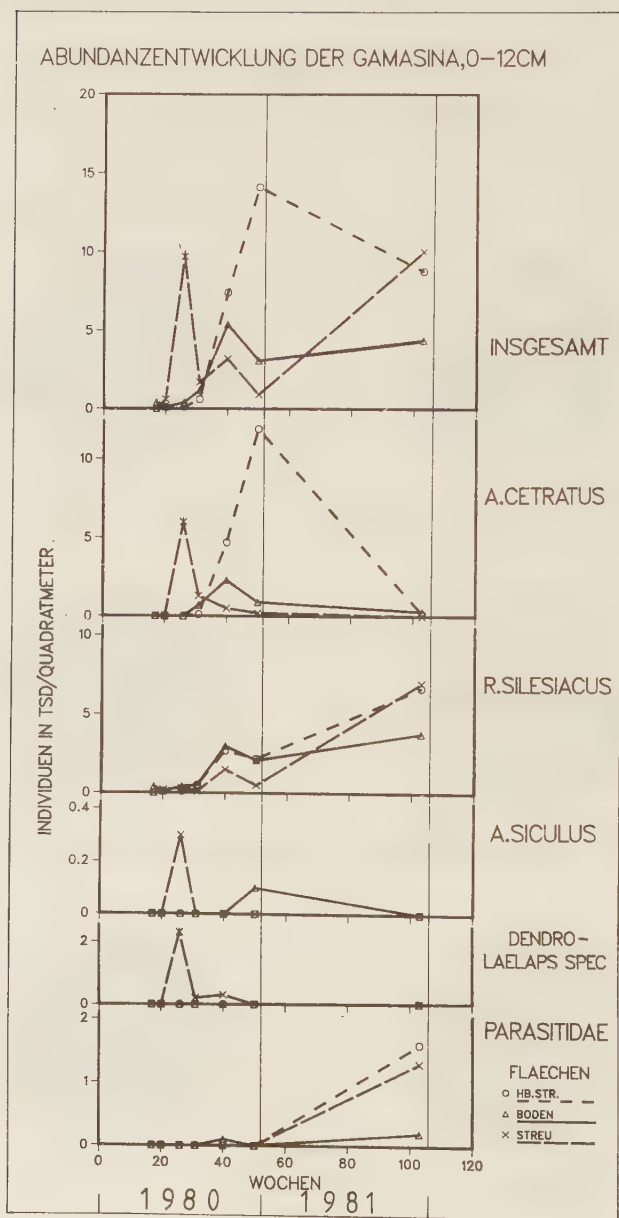


Abb. 10: Anreicherungsversuch: Abundanzentwicklung der Gamasina-Arten, 0-12cm.

Die Abundanzen der Gamasina werden auf der Kontrollfläche im Wesentlichen durch die *R.silesiacus*-Population geprägt (Kreisdiagramme Abb.9). Auf der Streufläche tragen auch offensichtlich eingeschleppte Tiere, wie die Dendrolaelaps-Arten und der Pionier *A.siculus* anfangs zur Wohndichte der Familiengruppe in größerem Maße bei. Später wird auch hier *R.silesiacus* eudominant. Im Boden der hitzebehandelten Streu-Variante ist im ersten halben Jahr *A.cetratus* eudominant und prägt den Verlauf der Gamasina-Abundanzkurve (Abb. 10). Die Parasitidae spielen im Dez. 1981 (103. Woche) auf den Streuflächen eine dominante Rolle (13-17%).

Die in den Abbildungen 11, 12a, b, dargestellte Besiedlung der jeweiligen "Horizonte" zeigt, daß die Anreicherung des Bodens mit organischer Substanz bei den meisten Tieren eine Abundanzförderung in der oberen Bodenschicht zur Folge hat. Ausnahme sind die Nanorchestidae, die auf die Streuanreicherung nicht reagieren, und die Oribatei, bei denen die Einschleppungseffekte bei der Streu-Variante überwiegen. Ausschließliche Oberflächenbewohner sind im Einklang mit früheren Befunden die Tyroglyphiden.

Die horizontierte Betrachtung der Befunde auf Artebene gibt weitere Hinweise auf die oben angesprochenen Räuber-Beute-Beziehungen (Abb. 13). Das Nahrungsangebot der oberen Bodenschicht besteht 1980 vorwiegend aus Collembolen und Dipterenlarven. *A.cetratus* kommt als Räuber der beiden Gruppen in Frage. Die Art wird von KARG (1983) jedoch nicht als Collembolenfresser, sondern als Dipteren-Larvenfresser beschrieben. Die oben diskutierte time-lag Problematik läßt jedoch die Interaktion mit den Collembola plausibel erscheinen. Weiterhin ist *A.cetratus* laut KARG (l.c.) nematophag. Der Abundanzpeak auf der Streuvariante (26.Woche), der mit dem der ausschließlich nematodenfressenden Art *A.siculus* zusammenfällt, könnte daher auf ein durch die freiwerdenden Ressourcen hervorgerufenen hohes Nematodenaufkommen zurückzuführen sein (s. 3.Teil, 6.2). Dies würde ein wenig selektives, von der Abundanz der Beute gesteuertes Nahrungswahlverhalten anzeigen ("switching", MURDOCH 1969).

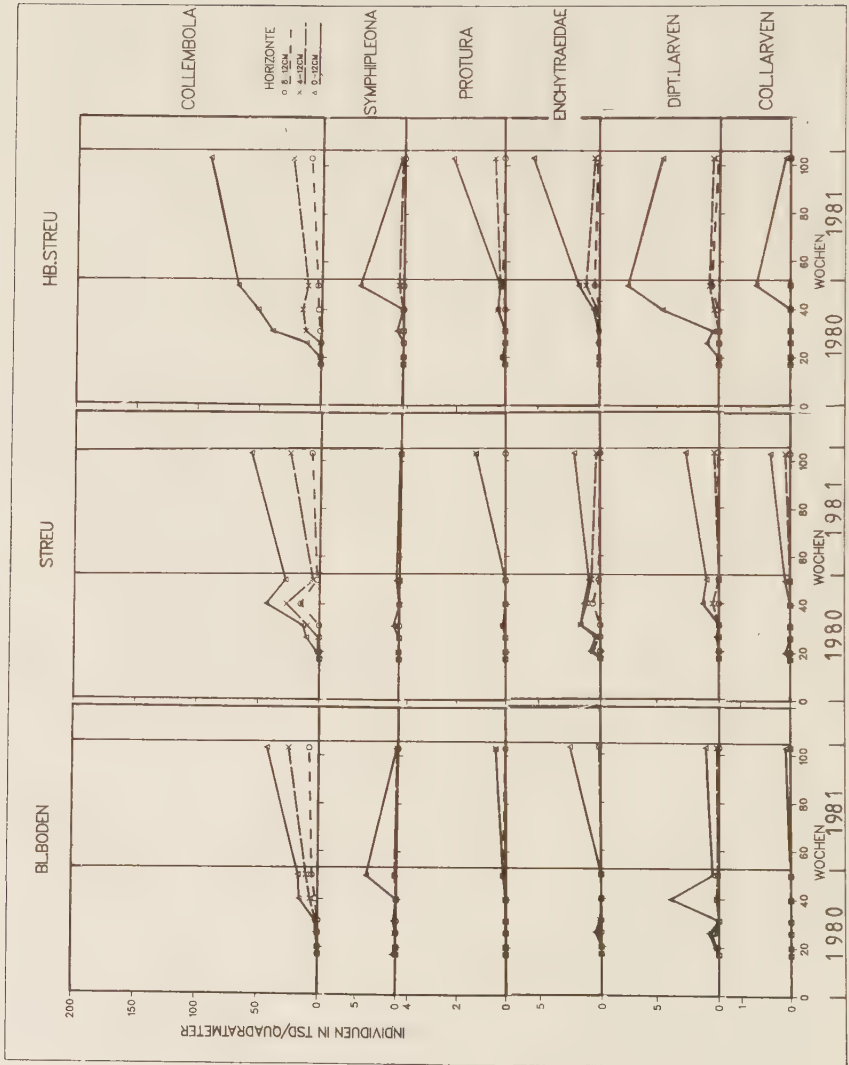


Abb. 11: Anreicherungsversuch: die Besiedlung der einzelnen Bodenschichten durch Gruppen der Mesofauna.

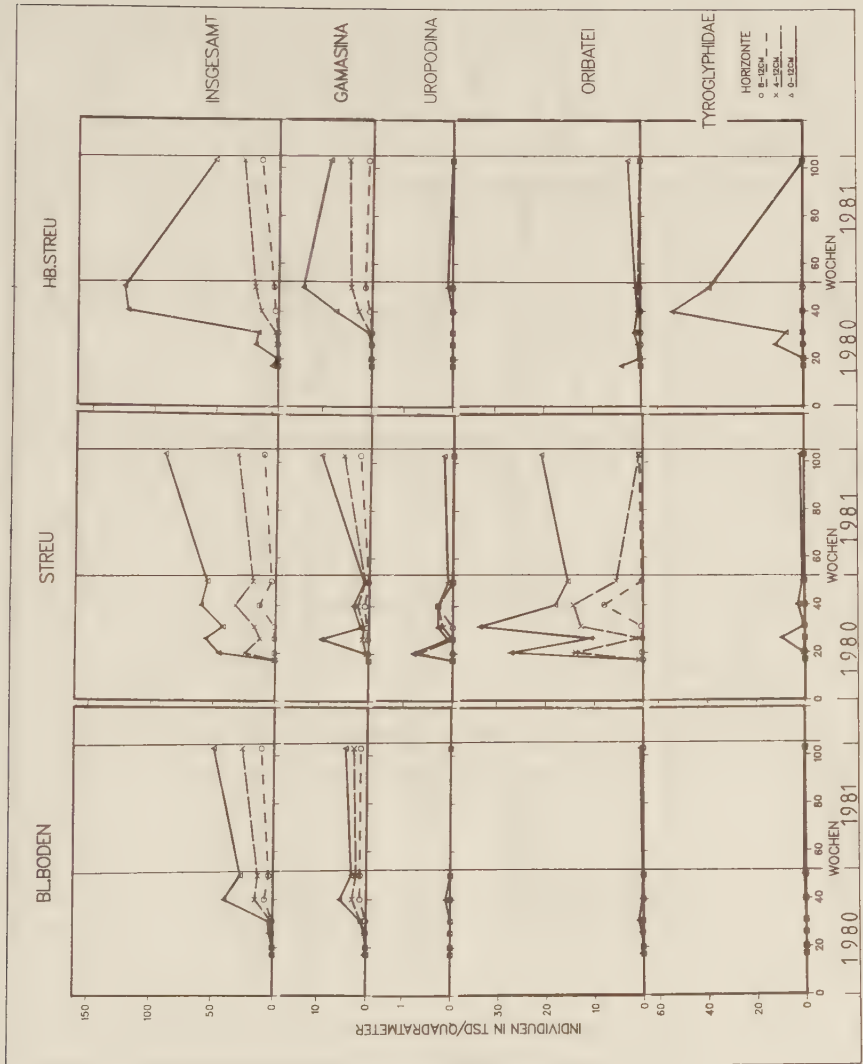


Abb. 12a: Anreicherungsversuch: die Besiedlung der einzelnen Bodenschichten durch Gruppen der Acari.

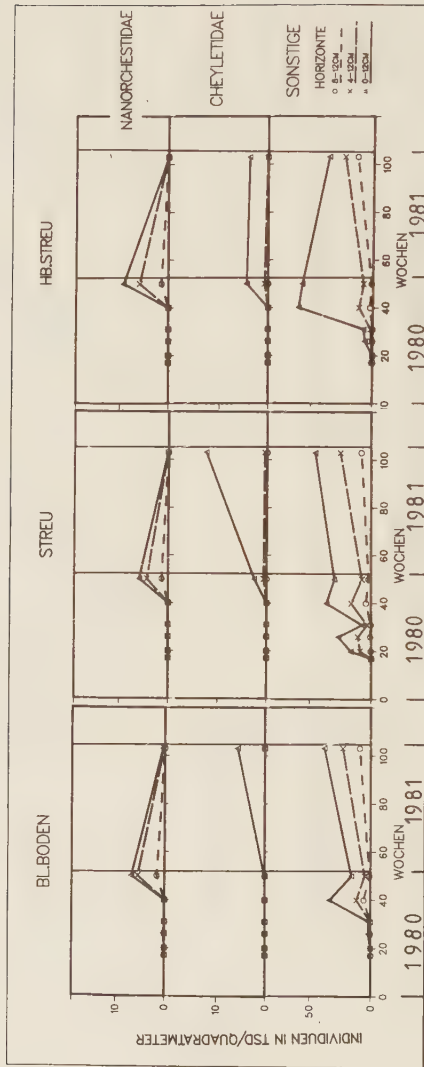


Abb. 12b: wie Abb. 12a.

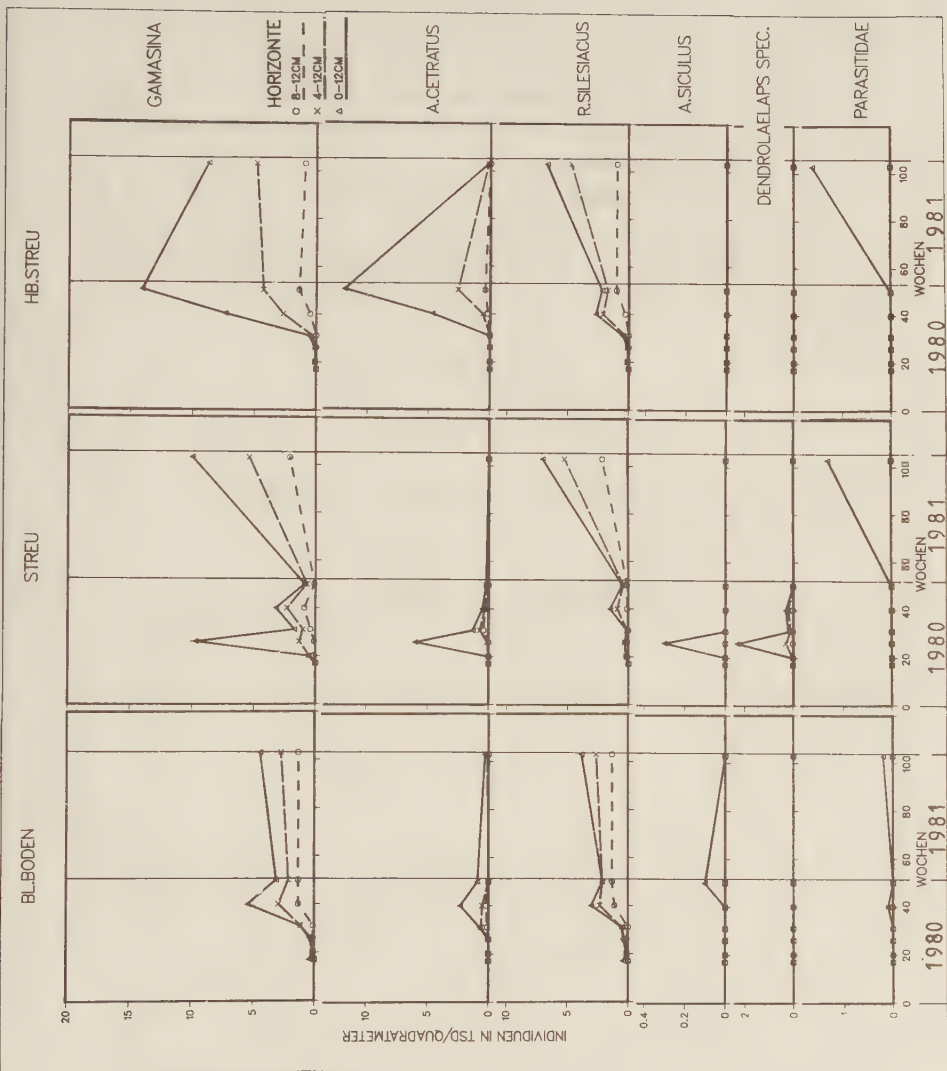


Abb. 13: Anreicherungsversuch: die Besiedlung der einzelnen Bodenschichten durch Arten der Gamasina.

Die auf den Gamasina-Dominanzen der Jahresmittelwerte beruhenden Dominanzrangkurven verdeutlichen die Artenverarmung der Streu-Variante bei zunehmender Dominanzkonzentration im Sukzessionsverlauf, während das Dominanzgefüge der anderen beiden Varianten etwas ausgeglichener wird (Abb. 14). Dieser Sachverhalt wird durch den Verlust der nicht angepaßten Arten der Wiesenstreu verursacht.

Diversität (SHANNON-WEAVER-Index) und Äquität (s. 2. Teil 2.2) der Jahresmittel sind in die Grafik miteingetragen. Die Werte der einzelnen Probenahmen sind Tabelle 4 zu entnehmen. Die relativ hohe Diversität der Streufläche ist z.T. durch die eingeschleppten Arten bedingt.

Tabelle 4.

Entwicklung des SHANNON-WEAVER-Indexes (H) und der Äquität (Eveness E).

Datum (Woche)	Kontrolle		Streu		Hitzebeh. Streu	
	H	E	H	E	H	E
17	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1.330	0.960	0	0
26	0	0	1.216	0.554	0	0
31	0.679	0.980	0.872	0.542	0.451	0.651
40	0.764	0.694	1.284	0.789	0.656	0.947
50	0.734	0.668	0.995	0.905	0.433	0.668
103	0.568	0.317	1.129	0.543	0.883	0.493

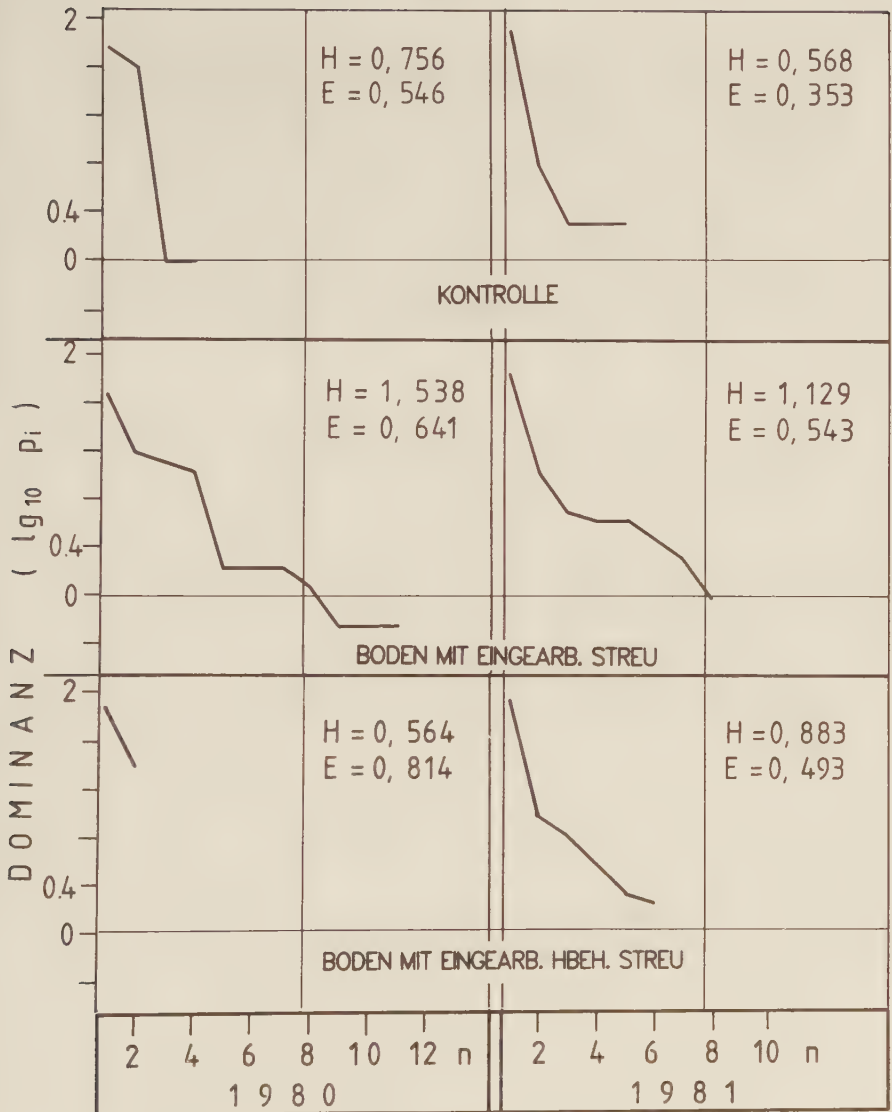


Abb.14: Anreicherungsversuch: Dominanzrangkurven der drei Varianten, Jahresmittelwerte, 0-12cm. Eingetragen sind der SHANNON-WEAVER-Index und die Äquität (Evenness).

Die ebenfalls für die Jahresmittel (0-12cm) errechneten Arten- und Dominantenidentitäten (SÖRENSEN- und RENKONEN-Index) sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5.

Die Ähnlichkeit der Flächen im Sukzessionsverlauf (1980, 1981).

SÖRENSEN		Kontrolle	Streu
Streu	1980	40	-
	1981	46.2	-
Hbeh.Streu	1980	66.7	30.8
	1981	72.7	71.4
RENKONEN		Kontrolle	Streu
Streu	1980	53.9	-
	1981	74.0	-
Hbeh.Streu	1980	61.9	65.9
	1981	74.0	80.3

Aus den Ähnlichkeitsnetzen ist die anfängliche Eigenständigkeit der Lebensgemeinschaft des Streu-Bodens abzulesen und die zunehmende Angleichung der Flächen. Durch die Anreicherung mit dem hitzebehandelten Substrat kann sich eine im Vergleich zur Kontrolle mäßig unterschiedliche Gamasina-Synusie ansiedeln. Die Wohndichte wird von der Maßnahme mehr beeinflusst als die Artenzusammensetzung. Die Angleichung der Synusien wurde zwischen den REK-SUK-Varianten (3. Teil) nicht festgestellt. Die hier betrachteten Artenkomplexe sind stärker und gleichermaßen von "Sukzessionsfaktoren" geprägt.

5. Diskussion

Nach ANDREWARTHA & BIRCH (1954) wird die Größe einer Population von vier Umweltkomponenten bestimmt: Wetter, Nahrung, andere Tiere und Pathogene, Lebensraum. Diese Komponenten besitzen unterschiedliche Bedeutung für die jeweiligen Populationen: Für bodenlebende Tiere üben die klimatischen Bedingungen einen starken Einfluß auf alle Parameter des Populationswachstums aus. Der wichtigste klimatische Faktor ist die Feuchtigkeit, die alleine oder in Zusammenhang mit der Temperatur wirken kann (VERHOEF 1977).

Die Bedeutung der Pflanzendecke und die der Streubedeckung als mikroklimatisches Regulativ wurde im 3. Teil diskutiert. Mit der hier dargestellten Simulation einer Pflanzendecke durch Käfige und der damit erzielten Förderung der Populationsentwicklungen wird diese wichtige Rolle bestätigt. Es ist anzunehmen, daß die mikroklimatischen Effekte der Käfige die Entwicklung der Bodentiere nicht nur direkt beeinflussen, sondern auch indirekt über ihre Nahrung (Pilze, Algen, Bakterien, von Bakterien aufbereiteter Detritus). Für Moosfresser zumindest sind die Bedingungen unter den Käfigen sehr günstig, da diese Cryptogamen hier im Gegensatz zur Kontrolle beachtliche Deckungsgrade von 30-40% erreichen (s. Tabelle 1).

Eine durch die Käfige verursachte Veränderung der trophischen Einflüsse durch Aussperren der Räuber (incl. kleiner Staphylinidae) konnte nicht festgestellt werden.

Bemerkenswert ist, daß im Einklang mit anderen Autoren (z.B. HÜTHER 1961, HARTNICK-KÜMMEL 1982, LUXTON 1969) keine direkter Zusammenhang der Siedlungsdichten mit dem Bodenwassergehalt festgestellt werden konnte. Vielmehr sind es die erhöhte Luftfeuchte oder die durch sie verursachten Folgewirkungen (z.B. auf das Wachstum von Algen, Bakterien und Pilzen), die positive Auswirkungen auf die Populationsentwicklung der Mesofaunagruppen hat. VANNIER (1970) folgerte aus der Beobachtung von Vertikalwanderungen, daß erst ab relativ niedrigen Bodenwassergehalten (um PWP, $pF = 4.2$) die Feuchtigkeitsansprüche der Tiere nicht mehr befriedigt werden können. Das Verhältnis wassergefüllter zu luftgefüllten Poren wird von SCHIMITSCHEK (1939) und HAARLÖV (1960) als eine die Wohndichte beeinflussende Größe diskutiert. Die genannten Autoren sehen eine größere Gefahr in hohen Wassergehalten als in niedrigen, so lange eine bestimmte Schwelle nicht unterschritten wird. Diese Befunde deuten darauf hin, daß die Wasserdampfsättigung der Luft in den Poren von außerordentlicher Bedeutung ist.

Die Befunde des Streu-Anreicherungs experimentes zeigen, daß die Menge und die Qualität des Substrats für die Entwicklung der Bodentiere von Bedeutung ist. Die starke Anfangsentwicklung auf der hitzebehandelten Fläche ist auf das Freiwerden leicht zugänglicher Nährstoffe durch den physikalischen Aufschluß der Hitze- und Vakuumbehandlung zurückzuführen (BAWEJA 1938, VANNIER 1980, 3. Teil, 6.2). Auch ANKER & WEIDEMANN (1985) stellten bei Enchytraeiden vergleichbare Förderungen des Populationswachstums nach Einarbeiten von Brennesselstreu fest.

Die Abundanzen der Bodentiere der zeitparallel zu den im 3. Teil beschriebenen Sukzessionsflächen eingerichteten Versuchsflächen liegen auf den Kontrollflächen meist niedriger als auf SUK. Die Siedlungsdichten der Collembolen im Boden unter dem feinmaschigen Käfig und in dem der "behandelte-Streu"-Variante ähneln sich, liegen in Größenordnungen zwischen REK und SUK und sind im Vergleich zu den Umlandwerten relativ hoch (Tabelle 5). Die Acari erreichen in den Streuvarianten Siedlungsdichten, die denen der anderen Untersuchungen ähneln.

Tabelle 5.

Vergleichende Zusammenstellung der Siedlungsdichten von SUK, REK und den Experimentalflächen, (Maximalabundanzen 1980-1981, bis 103. Woche) in Tsd./m², 0-12 cm.

	SUK	REK	Kkon	K5mm	K1mm	Skon	Sstr	Shbeh
Collembola	34.3	191.4	18.2	60.4	95.4	42.1	56.6	92.0
Acari	81.4	129.9	25.4	40.1	34.1	49.1	90.4	125.2
Gamasina	6.8	19.0	3.2	7.4	5.5	5.4	10.0	14.1
Oribatei	3.2	6.7	0.7	1.9	0.4	1.0	33.3	4.0

SUK= Sukzessionsfläche , REK= Rekultivierungsfläche (s. 3. Teil);

Käfigversuch: Kkon= Kontrolle, K5mm= 5mm, K1mm= 1 mm Maschenweite;

Anreicherungsversuch: Skon= Kontrolle, Sstr= Streu, Shbeh= hitzebehandelte Streu.

Die Gamasina-Arten *A. siculus*, *A. cetratus*, *R. silesiacus* und *S. necomger* wurden auf den Kontrollen der Versuchsflächen und auf SUK in frühen Sukzessionsstadien gefunden. Zwischen *A. cetratus* und *R. silesiacus* scheinen Konkurrenzmechanismen wirksam zu werden.

Die Bedeutung der abiotischen Regulation für die Ansiedlung der Pioniere wird durch die experimentellen Eingriffe deutlich. Analog dazu fördert die Rekultivierungsmaßnahme durch die erhöhte Bodenfeuchte (3. Teil, 3.3, 4.2), gekoppelt mit einem höheren Nahrungsangebot, die Anfangsentwicklung der Bodenmesofauna.

Die kleinen Parzellen und die geringen Stichprobenumfänge erlauben nur die Feststellung von Trends, die jedoch auf Grund der zeitlichen Abstimmung mit den anderen Untersuchungen bei ähnlichen Befunden ein hohes Maß an Gültigkeit erlangen.

Das erste biozönotische Grundprinzip von THIENEMANN 1920 (zitiert nach SCHWERDTFEGGER 1975) besagt: "Je variabler die Lebensbedingungen einer Lebensstätte, um so größer die Artenzahl der zugehörigen Lebensgemeinschaft." Wenn mit Variabilität nicht die Fluktuation der Milieuparameter, sondern die Habitatvielfalt gemeint ist, so trifft die Aussage für beide Versuche zu. Die Artenzahl der Phytozönose als Maß für die Habitatdiversität ist in den Käfigen höher und die Streuanreicherung kann ebenfalls als Steigerung der "Variabilität" der Lebensstätte angesehen werden. Diese Parzellen weisen höhere Artenzahlen als die jeweiligen Kontrollen auf.

Die durch die Experimente herbeigeführten Veränderungen gehorchen bedingt auch dem zweiten biozönotischen Grundprinzip: "Je mehr sich die Lebensbedingungen eines Biotops vom Normalen und für die meisten Organismen Optimalen entfernen, um so artenärmer wird die Biozönose, um so charakteristischer wird sie, in um so größerem Individuenreichtum treten die einzelnen Arten auf." Die Kreisdiagramme und die Dominanzrangkurven bestätigen dies: auf den Kontrollen dominiert eine Art sehr stark. Die Lebensgemeinschaften der anfänglichen "harten" Pionierphase ähneln sich in allen Untersuchungen, sind also sehr charakteristisch. Die absoluten Individuendichten gehorchen der 2. THIENEMANNschen Regel jedoch nicht. Dies fand auch KARG (1961), der ein Streuentfernungsexperiment in einem Wald durchführte, wodurch die Milbensynusie verarmte und die Abundanzen vermindert wurden. Die Verarmung der Lebensgemeinschaft entspricht den Befunden des Transplantationsexperimentes: bei letzterem wird jedoch deutlich, daß nicht die Streumenge, sondern wohl primär die mikroklimatischen Verhältnisse für die Reduzierung der Artenvielfalt verantwortlich zu machen sind. KARG

(1961) fand aber die Vermehrung einer Art, *Rhodacarus roseus*, in Folge der Verschlechterung der allgemeinen Lebensbedingungen, wahrscheinlich auf Grund der reduzierten Konkurrenz. Ein vergleichbares Verhalten einer Art konnte in den hier geschilderten Experimenten nicht nachgewiesen werden.

6. Zusammenfassung

Mit Hilfe von Versuchsansätzen wurde die Besiedlung des Bodens einer planierten Bauschuttdeponie durch Bodentiere und ihre weitere Entwicklung experimentell beeinflußt. In Laborexperimenten wurde das Entwicklungspotential des Bodens getestet (Überdauerungsstadien). In Freilandexperimenten wurde die Besiedlung durch Maschenkäfige beeinflußt. Das Überleben von eingeschleppten Tieren wurde mit einer Streutransplantation aus anliegenden Wiesenflächen überprüft. In Langzeitversuchen (1,5 Jahre) wurde der Einfluß des Mikroklimas und der der Menge und Qualität der organischen Substanz im Boden auf die Entwicklung der Tiere erfaßt.

Die Befunde ergaben, daß im Boden wenig Tiere die Planierung überstanden hatten. Zahlreiche Tiere können die Deponie erreichen und auf die Flächen einwandern, aber auf Grund der mikroklimatischen Bedingungen und der Habitatverhältnisse sie nicht besiedeln. Erhöhung der relativen Luftfeuchte und Anreicherung des Bodens mit organischer Substanz wirken fördernd auf die gesamte Bodenfauna. Die Rekultivierungsmaßnahmen bewirken ähnliche Veränderungen des Milieus und haben auch vergleichbare Folgen für die Bodentiere.

Frühe Besiedler sind *A. cetratus* und *R. sillesiacus*. Im zweiten Jahr werden auch Pergamasus-Arten gefunden. *A. cetratus* steht wahrscheinlich mit *R. sillesiacus* in Konkurrenz und wird im zweiten Jahr nicht mehr gefunden.

7. Literatur

- ANDREWARTHA, H.G., & BIRCH, L.C., 1954. The distribution and abundance of animals. Chicago Univ. Press. 782 pp.
- ANKER, S., & WEIDEMANN, G., 1985: Rekultivierung als ökologisches Problem. 6. Der Einfluß der Habitatqualität auf die Sukzession der Enchytraeiden-Synusie. Verh. Ges. Ökol. 13 (Bremen 1983), im Druck.
- ANDERSON, J.M., 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. J. Anim. ecol. 44, 475-495.
- BAWEJA, K.D., 1939. Studies on the soil fauna, with special reference to recolonization of sterilized soil. J. Anim. Ecol. 8, 120-161.
- BECK, L., 1984. Bodentiere im Laub des Buchenwaldes. Forschung, Mittlg. der DFG, 2, 15-18.
- BECKMANN, M., in Vorber.: Die Sukzession der Oribatei einer Bauschutt-deponie-Abdeckschicht (Arbeitstitel). Diplomarbeit Bremen.
- HAARLÖV, N., 1960. Microarthropods from Danish soils. Oikos Suppl. 3, 1-176.
- HARTNIGK-KÜMMEL, Ch., 1982. Untersuchungen zur qualitativen und quantitativen Veränderung der Oribatidenfauna (Acari: Oribatei) eines Eichen-Kiefern-Forstes am Straßenrand. Dissertation TU-Berlin.
- HÜTHER, W., 1961. Ökologische Untersuchungen über die Fauna pfälzischer Weinbergsböden mit besonderer Berücksichtigung der Collembolen und Milben. Zool. Jb. Syst. 89, 243-368.
- HUHTA, V., IKONEN, E. & P. VILKAMAA, 1979. Succession of invertebrate populations in artificial soil made of sewage sludge and crushed bark. Ann. Zool. Fennici 16, 223-270.
- KARG, W., 1961. Ökologische Untersuchungen von edaphischen Gamasiden (Acari, Parasitiformes). Pedobiologia 1, 53-98.
- , 1983. Verbreitung und Bedeutung von Raubmilben der Cohors Gamasina als Antagonisten von Nematoden. Pedobiologia 25, 419-432.
- KOEHLER, H., 1983. Studies on the development of soil mesofauna in a rubble dump cover. In LEBRUN, Ph., et al. (Hg.): New Trends in Soil Biology. Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool. Louvain-la-Neuve (Belgium), 561-567.

- LUXTON, M., 1967. The zonation of saltmarsh Acarina.
Pedobiologia 7, 55-66.
- MOHR, C.O., 1943. Cattle droppings as biological units. *Ecol.*
Monogr 13, 275-298.
- SCHIMITSCHEK, E., 1938. Einfluß der Umwelt auf die Wohndichten der
 Milben und Collembolen im Boden.
Z. angew. Entomol. 24, 216-247.
- , 1954. Forstentomologische Studien im Urwald Rotwald.
Z. angew. Ent. 35, 1-54.
- SCHWERTFEGGER, F., 1975. Ökologie der Tiere, Band III, Synökologie,
 Parey, Hamburg, 451 S.
- STRÜVE-KRUSENBERG, R., 1981. Sukzession und trophische Struktur
 der Bodenfauna von Brachlandflächen.
Pedobiologia, 21, 132-141.
- VANEK, J., 1975. Veränderungen der Moosmilbenzönosen (Acarina, Ori-
 batoides) im Verlauf von 45 Jahren nach Bodensterilisation
 durch unterirdischen Kohlenflözbrand. In: VANEK, J., (Hg.),
Progr. in Soil Zoology, Proc. 5th int. Coll. Soil Zool., Prag,
 521-532.
- VANNIER, G., 1970. Réactions des micro-arthropodes aux variations
 de l'état hydrique du sol. Techniques relatives à
 l'extraction des arthropodes du sol, 23-258, Editions
 du Centre National de la Recherche scientifique, Paris.
- , 1980. Use of microarthropods (mites and springtails)
 as valuable indicators of soil metabolic activity.
 In: DINDAL, D. (ed), *Soil biology as related to land use*
practices. Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool., 592-603,
 EPA, Washington, D.C., USA.
- VERHOEF, H.A., 1977. Soil moisture and the population dynamics of
 coexisting Collembola. *Ecol. Bull. (Stockholm)*, 25,
 480-482.

V

Schlußbetrachtung

Die im Rahmen dieser Arbeit dargestellten Befunde zeigen, daß die Abdeckschicht der Deponie eine eigenständige Bodenmesofauna besitzt, die sich vom Umland deutlich unterscheidet. Diese Unterschiede sind zu einem Teil auf den Sukzessionszustand der Flächen zurückzuführen, doch sind sie auch durch die spezifischen Milieufaktoren des Standortes bedingt. Besiedlungsschwierigkeiten dürften eine untergeordnete Rolle spielen.

Mehrere zeitlich parallele Sukzessionsuntersuchungen bei unterschiedlichen, experimentell beeinflussten Faktorenkomplexen heben die Bedeutung des Mikroklimas und der Habitateigenschaften hervor, die beide unmittelbar oder über das Nahrungskompartment auf die Tiere wirken können. Der Einfluß der Phytozönose ist nicht direkt. Sie beeinflusst einen großen Teil der Pedozozönose über die genannten Faktorenkomplexe.

Für die Gamasina wurden im Lauf der Sukzession auf verschiedenen Flächen typische Artenkombinationen nachgewiesen. Die Pioniersynusie wird von *A.cetratus* und *R.silesiacus* geprägt. Die *A.cetratus*-Population ist schon nach einem Jahr im Absterben begriffen.

Die Untersuchungen bestätigen die guten Indikatoreigenschaften der Gamasina. Die Familiengruppe besitzt als Phago-Taxozönose eine gewisse Homogenität. Ihre Artenvielfalt, die differenzierten Ansprüche der jeweiligen Species und die Zugehörigkeit zu einer hochintegrierenden Trophiestufe (Sekundärkonsumenten) bedingen die große Sensibilität der Gruppe gegenüber Veränderungen ökologischer Faktoren.

Die Bodentiergemeinschaften der verschiedenen Flächen, ihre Vertikal- und Horizontalverteilung und ihr zeitlich differenziertes Auftreten im Zusammenhang mit anderen Kompartimenten des Ökosystems und unter Einfluß der ebenso variablen Milieufaktoren stellen ein komplexes Forschungsobjekt dar. Die vielschichtige Darstellung, die mit Hilfe von Grafiken angestrebt wurde, ist für das Verständnis notwendig, wie z.B. die Rückführung von Abundanzpeaks auf einzelne Gruppen und Arten oder die Aufteilung der Abundanzen auf Bodenschichten (Vertikalverteilung) im Zeitverlauf zeigen. Die Synthese des Datenmaterials gestaltet sich schwierig und ist im Rahmen dieser Arbeit noch nicht abgeschlossen, da die Ergebnisberichte der Untersuchungen anderer Kompartimente noch in Vorbereitung sind.

Problematisch ist die Wahl der Methode der Kondensierung der Meßwerte zu statistischen Größen oder ökologischen Indices. Mit einigen methodischen und pragmatischen Unzulänglichkeiten wird man leben müssen, einige andere bedürfen noch weiterer Diskussionen. Die Beurteilung selbst eines reduzierten, kompartimentierten Systems, wie das der erfaßten Bodentiere, basiert auf groben Abschätzungen, die die Einmaligkeit vieler Strukturen und Vorgänge nicht berücksichtigen. Die vielen Spielarten des Systems innerhalb der gegebenen Grenzen eines "Bassins" (SCHWEGLER 1981) werden besonders bei der Analyse von Sukzessionssystemen deutlich.

Das Konzert der Bodentiere bleibt zum Teil im weißen Rauschen verborgen, zum Teil ist es als kakophonisches Getöse wahrnehmbar und hin und wieder lassen sich Improvisationsphasen erkennen, deren Grundmelodie mit Hilfe einer systematischen Analyse deutlich zu werden beginnt. Doch ist diese vielleicht weniger ein symphonisches Zitat aus Beethovens Schillervertonung, das SATCHELL (1977) zu hören glaubte, als eine immer wieder neu entstehende Gemeinschaftsproduktion mit einigen chaotischen, individuellen Anteilen.

Literatur:

- SATCHELL, J.E., 1977. Earthworms - the trombones of the grave.
Closing presidential adress. Soil Org. as Comp. of Ecosystems,
Ecol. Bull. (Stockholm), 25, 598-603.
- SCHWEGLER, H., 1981. Stabilitätsbegriffe für biologische Systeme.
Angew. Botanik, 55, 129-137.

a1

Anhang

	Seite
Anhang A: Tabellen zu Teil II	a2- a6
Anhang B: Tabellen zu Teil III	a7-a27
Anhang C: Ökologische Informationen zu den gefundenen Arten der Gamasina	a28-a31

Anhang A1: Flächenvergleich; Abundanzen der Gamasina in Tsd./m² für 0-12 cm Bodentiefe, in Klammern Dominanzen.

Arten	Probeflächen			
	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
01.Alliphis siculus (OUDEMANS,1905)	0.3(2.8)		0.3(8.0)	0.2(2.6)
02.Macrocheles carinatus (C.L.KOCH,1839)	0.1(0.7)			
03.Pachylaelaps spec.			0.1(2.0)	
04.Hypoaspis claviger claviger (BERLESE,1883)		0.2(4.7)		0.5(8.2)
05.Hypoaspis noll KARG,1962	0.2(2.1)		*(1.0)	
06.Hypoaspis angusta KARG,1965		0.1(1.6)		0.4(6.2)
07.Amblyseius obtusus (C.L.KOCH,1839)		0.1(1.6)		
10.Amblyseius spec.				0.1(1.0)
11.Amersoseius corbiculus (SOWERBY,1806)	0.3(2.8)			
17.Arctoseius cetratus (SELLNICK,1940)			1.4(43.0)	0.1(1.0)
21.Leioseius bicolor (BERLESE,1948)		0.3(6.3)		
22.Leitneria pugio (KARG,1961)				0.3(4.6)
23.Zercon (Mixozercon) sellnicki (SCHWEIZER,1948)	0.1(0.7)	0.2(4.7)		
24.Rhodacarellus silesiacus WILLMANN,1935	2.3(24.5)	0.3(6.3)		1.8(28.2)
25.Rhodacarus coronatus BERLESE,1921	1.6(16.8)	2.5(57.8)		0.6(8.7)
26.Rhodacarus ancorae KARG,1971				0.2(3.1)
27.Protogamasellus dispar GENIS,LOOTS & RYKE, 1967				1.0(14.9)
28.Dendroseius reticulatus SHEALS,1956	2.7(28.0)			
29.Dendrol. foveolatus (LEITNER,1949)			0.5(14.0)	
30.Dendrol. strenzkei HIRSCHMANN,1960			0.2(7.0)	
31.Dendrol.angulosus (WILLMANN,1936)	0.2(2.1)			
32.Dendrol.rotundus HIRSCHMANN,1960				*(0.5)
33.Dendrolaelaps spec.	0.1(0.7)		*(1.0)	

Arten	Probeflächen			
	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
34.Pergamasus suecicus (TRÄGARDH,1936)				*(0.5)
36.Pergamasus crassipes (LINNE,1758)	0.1(0.7)		0.1(2.0)	*(0.5)
37.Pergamasus septentrionalis (OUDEMANS,1902)	0.3(3.5)		*(1.0)	0.2(3.6)
38.Pergamasus misellus BERLESE,1904	0.1(0.7)			
39.Pergamasus nasellus KARG,19683		0.1(1.6)		
40.Pergamasus celticus BHATTACH.,1963	0.1(0.7)			
41.Pergamasus runciger BERLESE,1904			0.3(10.0)	
42.Pergamasus runcatellus (BERLESE,1903)	0.7(7.7)	0.2(4.7)	0.3(10.0)	0.7(10.3)
43.Pergamasus vagabundus KARG,1968	0.1(1.4)	0.1(1.6)	*(1.0)	
.. Pergamasus conus	0.1(0.7)			
.. Pergamasus spec.	0.1(1.4)	0.3(6.3)		
47.Parasitus berlesei (WILLMANN,1935)		0.1(1.6)		
48.Parasitus spec.				*(0.5)
49.Veigaia planicola (BERLESE,1892)				0.3(4.6)
50.Veigaia exigua (BERLESE,1917)	0.1(0.7)			
.. N.det	0.1(1.4)	0.1(1.6)		0.1(1.0)

Die Artennumerierung ist für alle Tabellen gleich.

Die Abundanzwerte sind gerundet. Abundanzen unter 50 Ind/m² erscheinen als *.

Anhang A2: Flächenvergleich, Gamasina-Arten: Abundanzen und Dominanzen
0-4cm, 4-8cm, 8-12cm.

	Tiefe cm	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
01. Alliphis siculus	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5) 0.2(6.3)		0.3(11.1)	0.2(6.1)
02. Macrocheles carinatus	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5)			
03. Pachylaelaps spec.	0-4 4-8 8-12			0.1(2.8)	
04. Hypoaspis claviger claviger	0-4 4-8 8-12		0.2(6.5)		0.5(18.3)
05. Hypoaspis nollii	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5) 0.1(4.3)		*(1.4)	
06. Hypoaspis angusta	0-4 4-8 8-12				*(1.2) 0.1(6.2) 0.2(14.6)
07. Amblyseius obtusus	0-4 4-8 8-12		0.1(1.6)		
10. Amblyseius spec.	0-4 4-8 8-12				*(1.2) *(1.5)
11. Ameroseius corbiculus	0-4 4-8 8-12	0.3(6.1)			
17. Arctoseius cetratus	0-4 4-8 8-12			0.6(25.0) 0.5(83.3) 0.3(100.0)	*(1.2) *(1.5)
21. Leioseius bicolor	0-4 4-8 8-12		0.3(8.7)		
22. Leitneria pugio	0-4 4-8 8-12				0.3(11.0)

	Tiefe	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
23.Zercon (Mixoz.) sellnicki	0-4 4-8 8-12	0.1(3.3)	0.1(4.3) 0.1(7.7)		
24.Rhodacarellus silesiacus	0-4 4-8 8-12	0.3(6.1) 0.5(14.9) 1.6(80.0)	0.1(2.2) 0.1(15.4) 0.1(20.0)		0.2(8.5) 0.7(32.3) 0.9(56.3)
25.Rhodacarus coronatus	0-4 4-8 8-12	0.7(15.2) 0.8(25.5) 0.1(6.7)	1.7(56.5) 0.6(69.2) 0.1(40.0)		0.2(7.3) 0.3(13.9) 0.1(4.2)
26.Rhodacarus ancorae	0-4 4-8 8-12				0.1(2.4) 0.1(6.2)
27.Protogamasellus dispar	0-4 4-8 8-12				0.1(4.9) 0.6(26.2) 0.3(16.7)
28.Dendroseius reticulatus	0-4 4-8 8-12	2.2(50.0) 0.4(12.8) 0.1(3.3)			
29.Dendrol. foveolatus	0-4 4-8 8-12			0.5(19.4)	
30.Dendrol. strenzkei	0-4 4-8 8-12			0.2(9.7)	
31.Dendrol.angulosus	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5) 0.1(2.1) 0.1(3.3)			
32.Dendrol.rotundus	0-4 4-8 8-12				*(1.2)
33.Dendrolaelaps spec.	0-4 4-8 8-12	0.1(3.3)		*(1.4)	

	Tiefe	Brachld	Wiese	Weide	Deponie
34. <i>Pergamasus suecicus</i>	0-4 4-8 8-12				*(2.1)
36. <i>Pergamasus crassipes</i>	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5)		0.1(2.8)	*(1.5)
37. <i>Pergamasus septentrionalis</i>	0-4 4-8 8-12	0.3(10.6)		*(1.4)	0.2(8.5)
38. <i>Pergamasus misellus</i>	0-4 4-8 8-12	0.1(2.1)			
39. <i>Pergamasus nasellus</i>	0-4 4-8 8-12		0.1(7.6)		
40. <i>Pergamasus celticus</i>	0-4 4-8 8-12	0.1(2.1)			
41. <i>Pergamasus runciger</i>	0-4 4-8 8-12			0.3(12.5) *(5.6)	
42. <i>Pergamasus runcatellus</i>	0-4 4-8 8-12	0.4(9.1) 0.3(10.6)	0.2(6.5)	0.3(11.1) 0.1(11.1)	0.2(20.7) 0.1(3.1) *(2.1)
43. <i>Pergamasus vagabundus</i>	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5) 0.1(2.1)	0.1(2.2)	*(1.4)	
.. <i>Pergamasus conus</i>	0-4 4-8 8-12	0.1(1.5)			
.. <i>Pergamasus spec.</i>	0-4 4-8 8-12	0.1(3.0)	0.3(8.7)		

Anhang B: Vollständige Tabellen zur Sukzessionsuntersuchung auf
SUK und REK, 4/1980-12/1982

	Seite
Legende	a8
Anhang B1 Gruppen der Mesofauna	
Abundanz 0-12 cm, SUK	a9
Abundanz 0-12 cm, REK	a10
Anhang B2 Gamasina-Arten, Abundanz 0-12 cm	
SUK	a11
REK	a12
Anhang B3 Gamasina-Arten, Dominanz 0-12 cm	
SUK	a13
REK	a14
Anhang B4 Gamasina-Arten, Abundanz nach "Horizonten"	
SUK 0- 4 cm	a15
SUK 4- 8 cm	a16
SUK 8-12 cm	a17
REK 0- 4 cm	a18
REK 4- 8 cm	a19
REK 8-12 cm	a20
Anhang B5 Gamasina-Arten, Dominanzen nach "Horizonten"	
SUK 0- 4 cm	a21
SUK 4- 8 cm	a22
SUK 8-12 cm	a23
REK 0- 4 cm	a24
REK 4- 8 cm	a25
REK 8-12 cm	a26
Anhang B6 Verhältnis der Juvenilen/Adulten, nach Horizonten untergliedert, SUK, REK; <i>A.cetratus</i> und <i>H.suesiacus</i>	a27

Legende zu Anhang B

Datum: Angaben in Wochen, gezählt ab 1.1.1980.

1980		1981		1982	
Datum	Woche	Datum	Woche	Datum	Woche
26.03	13 *	31.03	67	18.03	117
08.04	15 **	24.06	79	11.06	129
25.04	17 *	07.10	94	03.10	145
07.06	23 *	10.12	103	08.12	155
30.07	31				
17.09	38	(t ₀ SUK= 17.3.80, 11.Woche)			
09.12	50	(t ₀ REK= 14.6.80, 24.Woche)			

* Nur SUK, da REK noch nicht eingerichtet war.

** Nur 0-4 cm.

Bodenmesofauna-Gruppen:

SMIN	Symphyleona	NANO	Nanorchestidae
PROT	Protura	CHEY	Cheyletidae
ARTH	Arthropleona	TYRO	Tyroglyphidae
AC	Acari	SON	Sonstige Milben
GA	Gamasina	LCOLEO	Coleoptera-Larven
ORI	Oribatei	LDIPT	Diptera-Larven
UROP	Uropodina	ENCH	Enchytraeidae
		RELAC	Relation Acari/Collembola (%)

Gamasina-Arten

ASIC	01. <i>Allophis siculus</i> (OUDEMANS,1905)
MCAR	02. <i>Macrocheles carinatus</i> (C.L.KOCH,1839)
HCLA	04. <i>Hypoaspis claviger claviger</i> (BERLESE,1883)
HANG	06. <i>Hypoaspis angusta</i> KARG,1965
AOKA	08. <i>Amblyseius okanagensis</i> (CHANT,1957)
AMBL	... <i>Amblyseius spec.</i>
ACOR	11. <i>Ameroseius corbiculus</i> (SOWERBY,1806)
SBOR	14. <i>Sejus borealis</i> (BERLESE,1904)
SNEC	16. <i>Sejus necorniger</i> (OUDEMANS,1903)
ACET	17. <i>Arctoseius cetratus</i> (SELLNICK,1940)
AMIN	18. <i>Arctoseius minutus</i> (HALBERT,1915)
RSIL	24. <i>Rhodacarellus silsiacus</i> WILLMANN,1935
RCOR	25. <i>Rhodacarus coronatus</i> BERLESE,1921
RANC	26. <i>Rhodacarus ancorae</i> KARG,1971
DEND	33. <i>Dendrolaelaps spec.</i>
PSUE	34. <i>Pergamasus suecicus</i> (TRÄGARDH,1936)
PQUI	35. <i>Pergamasus quisquiliarum</i> (CAN.,1882)
PCRA	36. <i>Pergamasus crassipes</i> (LINNE,1758)
PSEP	37. <i>Pergamasus septentrionalis</i> (OUDEMANS,1902)
PCAT	42. <i>Pergamasus muncatellus</i> (BERLESE,1903)
PVAG	43. <i>Pergamasus vagabundus</i> KARG,1968
PETA	44. <i>Parasitus eta</i> OUDEMANS & VOIGTS,1904
PFIM	45. <i>Parasitus fimetorum</i> (BERLESE,1903)
PLUN	46. <i>Parasitus lunulatus</i> (J.MÜLLER,1859)
PARA	... <i>Parasitus spec.</i>
VPLA	49. <i>Veigalia planicola</i> (BERLESE,1892)
NDET	... Nicht determiniert

BODENMESOFAUNA-GRUPPEN, ABUNDANZ, IND/RM, 0-12 CM

SUKZESSIONSFLÄCHE

CASE-N	DATUM	SMIN	PROT	ARTH
1	13.	0.	0.	2908.
2	17.	131.	92.	1731.
3	23.	0.	548.	1486.
4	31.	873.	100.	9900.
5	38.	367.	0.	8700.
6	50.	733.	0.	4900.
7	67.	1300.	367.	7967.
8	79.	40.	100.	23820.
9	94.	40.	200.	34340.
10	103.	627.	1387.	28973.
11	117.	267.	350.	24683.
12	129.	667.	383.	65483.
13	145.	313.	1900.	46211.
14	155.	400.	2950.	69167.

CASE-N	DATUM	AC	GA	ORI	URDP
1	13.	1090.	100.	228.	0.
2	17.	2736.	131.	31.	0.
3	23.	4933.	57.	57.	0.
4	31.	4818.	291.	218.	0.
5	38.	43600.	5800.	467.	0.
6	50.	16067.	2233.	33.	0.
7	67.	16867.	5533.	267.	133.
8	79.	21240.	6300.	240.	0.
9	94.	81420.	6820.	2780.	0.
10	103.	38093.	3347.	3187.	0.
11	117.	66883.	5317.	2700.	0.
12	129.	128517.	7367.	6550.	0.
13	145.	247211.	9104.	44382.	0.
14	155.	103983.	4850.	46733.	0.

CASE-N	DATUM	NANO	CHEY	TYRO	SON
1	13.	0.	0.	33.	728.
2	17.	215.	0.	31.	2328.
3	23.	286.	0.	43.	4490.
4	31.	1045.	36.	0.	3227.
5	38.	4967.	233.	633.	31500.
6	50.	2300.	200.	200.	11100.
7	67.	1800.	0.	667.	8467.
8	79.	500.	40.	1520.	12640.
9	94.	900.	39360.	15460.	16100.
10	103.	253.	4840.	2827.	23640.
11	117.	167.	7467.	1000.	50233.
12	129.	2183.	4800.	36517.	71100.
13	145.	3602.	500.	3778.	185844.
14	155.	1050.	850.	1267.	49233.

CASE-N	DATUM	LCOLED	LDIPT	ENCH	RELAC
1	13.	0.	0.	0.	37.
2	17.	0.	149.	15.	147.
3	23.	14.	471.	0.	332.
4	31.	0.	364.	136.	45.
5	38.	0.	1500.	6067.	481.
6	50.	33.	1167.	300.	285.
7	67.	400.	2200.	1567.	182.
8	79.	520.	2360.	280.	89.
9	94.	160.	4600.	1840.	237.
10	103.	80.	4307.	5453.	129.
11	117.	350.	1917.	1100.	268.
12	129.	50.	833.	900.	194.
13	145.	133.	1400.	2067.	154.
14	155.	100.	1000.	1000.	100.

BODENMEIOFAUNA-GRUPPEN, ABUNDANZ, IND/DH, 0-12 CM

REKULTIVIERUNGSFLÄCHE

CASE-N	DATUM	SMIN	PROT	ARTH	
1	31.	1800.	3133.	22567.	
2	38.	4967.	200.	84600.	
3	50.	4900.	0.	50767.	
4	67.	4633.	0.	24300.	
5	79.	3182.	709.	28682.	
6	94.	4460.	1440.	73340.	
7	103.	11667.	5500.	179747.	
8	117.	21956.	1711.	88022.	
9	129.	56650.	1500.	80083.	
10	145.	5718.	11449.	77029.	
11	155.	5350.	14417.	48383.	

CASE-N	DATUM	AC	GA	ORI	URDP
1	31.	15467.	5200.	533.	0.
2	38.	129933.	19033.	700.	0.
3	50.	61100.	8500.	233.	0.
4	67.	46700.	9200.	833.	0.
5	79.	36918.	6427.	4664.	0.
6	94.	58160.	5760.	5400.	40.
7	103.	59067.	8167.	6733.	33.
8	117.	98467.	8667.	22400.	44.
9	129.	133850.	4483.	24133.	0.
10	145.	264720.	7409.	38167.	0.
11	155.	146350.	5783.	27450.	0.

CASE-N	DATUM	NANO	CHEY	TYRO	SDN
1	31.	0.	33.	233.	9467.
2	38.	7733.	200.	567.	101700.
3	50.	4733.	1533.	67.	46033.
4	67.	2000.	533.	0.	34133.
5	79.	936.	2773.	0.	22118.
6	94.	1160.	17340.	80.	26380.
7	103.	733.	15600.	0.	27800.
8	117.	1333.	14222.	0.	51800.
9	129.	2317.	3417.	200.	99300.
10	145.	21673.	0.	0.	197471.
11	155.	1217.	7300.	0.	109600.

CASE-N	DATUM	LCOLED	LDIPT	ENCH	RELAC
1	31.	233.	200.	567.	63.
2	38.	33.	733.	4600.	145.
3	50.	400.	2267.	2500.	110.
4	67.	333.	1033.	2067.	161.
5	79.	464.	609.	1718.	116.
6	94.	180.	6280.	540.	75.
7	103.	367.	3200.	1900.	31.
8	117.	133.	3511.	2244.	90.
9	129.	100.	600.	583.	98.
10	145.	622.	1867.	669.	320.
11	155.	100.	1950.	800.	272.

Anhang 12

ASTENLISTE G A M A S I H A , ABUNIZAN, INDI/OM, 0-12 CM

SUKSESIONSFLEAECHE

CASE-N	DATUM	ASIC	MCAR	HELA	HANG	KEDR	KANC	JENIR	PSUE	FFIN	FLUN	PASA	VFLA
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	33.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	33.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	40.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	40.	0.	0.
11	117.	0.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	430.	0.	0.
12	129.	0.	0.	50.	0.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	145.	44.	0.	0.	80.	0.	213.	100.	124.	0.	0.	44.	0.
14	155.	0.	50.	0.	0.	0.	367.	50.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	AKKA	AMEL	ACOR	SIGR	FRUI	FCRA	FSEP	NIET
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	600.	1460.	0.
11	117.	0.	0.	0.	40.	0.	293.	40.	0.
12	129.	50.	200.	100.	0.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	0.	0.	178.	0.	50.
14	155.	0.	0.	0.	50.	50.	0.	100.	0.

CASE-N	DATUM	SNEC	ACET	AMIN	RSIL	FCAT	PVAG	FERG	PETA
1	13.	0.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	131.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	14.	0.	43.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	145.	0.	145.	0.	0.	0.	0.
5	38.	33.	3233.	0.	2500.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	1300.	0.	1933.	0.	0.	0.	0.
7	67.	567.	3767.	0.	1180.	0.	0.	0.	0.
8	79.	800.	3720.	0.	1780.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	980.	140.	3580.	40.	0.	0.	0.
10	103.	0.	600.	0.	2333.	0.	0.	0.	0.
11	117.	0.	2100.	0.	2717.	0.	0.	0.	0.
12	129.	0.	2417.	0.	4333.	50.	0.	67.	0.
13	145.	0.	0.	0.	8231.	44.	0.	44.	0.
14	155.	0.	0.	0.	4083.	0.	50.	0.	50.

ARTENLISTE OAMASINA, ABUNJANZ, INK/GM, 0-12 CM
REKULTIVIERUNGSFLAECHEN

CASE-N	DATUM	ASTC	MCAR	HOLA	HNHG	RCOR	RANC	DEHD	PSBE	PFIM	PLUN	FAUA	UFLA
1	31.	67.	0.	0.	0.	0.	33.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	167.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	57.	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	167.	0.	0.
5	71.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	240.	0.	0.	0.	0.	40.	200.	0.	40.
8	117.	0.	0.	0.	2567.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.	133.
9	129.	0.	0.	0.	144.	0.	0.	0.	0.	4.	40.	13.	0.
10	145.	0.	0.	0.	400.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	1140.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	44.
					817.	0.	0.	0.	0.	0.	50.	67.	100.

CASE-N	DATUM	AKKA	ANBL	ACTR	SEGR	PRUI	PCRA	PSEP	NIET
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	133.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	67.	0.	0.	0.	0.
4	57.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	71.	0.	0.	0.	0.	0.	33.	133.	0.
6	94.	0.	0.	0.	200.	0.	36.	0.	209.
7	103.	0.	0.	0.	400.	0.	280.	0.	40.
8	117.	0.	0.	0.	880.	400.	287.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	880.	0.	444.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	50.	100.	1538.	0.	0.	0.	0.
					1250.	150.	50.	0.	0.

CASE-N	DATUM	SHCC	ACET	AMIN	RSTL	PCAT	PUAB	PERG	PETA
1	31.	0.	2933.	0.	2167.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	10300.	0.	8433.	0.	0.	0.	0.
3	50.	100.	1133.	0.	7200.	0.	0.	0.	0.
4	57.	38.	6433.	0.	2000.	0.	0.	0.	0.
5	71.	0.	0.	0.	3982.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	160.	0.	3660.	0.	0.	0.	380.
7	103.	0.	33.	0.	3967.	0.	0.	0.	433.
8	117.	0.	1000.	0.	4356.	0.	0.	0.	178.
9	129.	0.	133.	0.	2350.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	4087.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	2533.	167.	0.	100.	450.

Anhang B3

ARTEMISTE B A M A S I N A, IONIVANZ IN %, 0-12 CM

SUKSESIONSFLAECHE

CASE-N	DATUM	FASIC	FHCAR	FHCLA	FMANG	FSUE	FRCOR	FRANC	FMHCU	FTTIN	FTAGA	FUTA
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.375	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.602	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.587	0.0	0.0
10	103.	0.0	1.195	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	0.940	0.0	0.0	0.	0.679	0.0	0.0	8.464	0.0	0.0
12	129.	0.0	0.0	0.679	0.0	0.	0.0	2.743	1.098	0.0	0.0	0.0
13	145.	0.488	0.0	0.0	0.879	1.362	0.0	7.560	1.031	0.0	0.488	0.0
14	155.	0.0	1.031	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	FACKA	FAPEL	FACAR	FSPOR	FFOUI	FFORA	FFSEF	FMIEI
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.798	21.408	0.0
10	103.	0.0	0.0	0.0	1.195	0.0	8.765	1.195	0.0
11	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.679	2.715	1.357	0.0	0.0	0.0	0.0	0.679
13	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.953	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	1.031	1.031	0.0	2.062	0.0

CASE-N	DATUM	FSMCD	FACET	PANIN	FRSIL	FFCAT	FFVAG	FFERB	FFETA
1	13.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	25.000	0.0	75.000	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	50.000	0.0	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.375	50.000	0.0	43.103	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	50.000	0.0	41.191	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	10.241	49.072	0.0	27.084	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	12.498	59.048	0.0	28.254	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	11.349	2.746	51.804	0.587	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	17.928	0.0	69.721	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	39.498	0.0	51.077	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	32.805	0.0	58.824	0.679	0.0	0.905	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	90.468	0.488	0.0	0.488	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	84.192	0.0	1.031	0.0	1.031

ARTENLISTE G A M A S I N A, DOMINANZ IN %, 0-12 CM
REKULTIVIERUNGSFLÄCHE

214

BE-N	DATUM	PASIC	PMCAR	PHCLA	PHANG	PSUE	PROOR	FRANC	PTEIND	PFFIM	PFLUN	PFARA	POPLA
1	31.	1.282	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.641	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.876	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.725	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.812	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	4.167	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	31.429	0.	0.0	0.0	0.0	0.694	3.472	0.0	0.694
8	117.	0.0	0.0	0.0	7.836	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.224	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	8.922	0.	0.0	0.0	0.0	0.513	4.615	1.538	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	15.387	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	14.121	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.865	1.153	1.729
BE-N	DATUM	PADKA	PANEL	PACOR	PSHOR	PFQUI	PFORA	PFSEP	PNDIET				
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.701	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.784	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.362	1.449	0.0				
5	79.	0.0	0.0	0.0	3.112	0.0	0.566	0.0	0.0	3.253			
6	94.	0.0	0.0	0.0	6.944	6.250	4.861	0.0	0.0	0.694			
7	103.	0.0	0.0	0.0	4.898	4.898	3.265	0.0	0.0	0.0			
8	117.	0.0	0.0	0.0	10.256	0.0	5.128	5.128	0.0	0.0			
9	129.	0.0	0.0	0.0	35.688	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
10	145.	0.0	0.0	1.350	20.756	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
11	155.	0.0	0.865	0.0	21.614	2.594	0.865	0.0	0.0	0.0			
BE-N	DATUM	PSMEC	PACET	PAMIN	PSRIL	PFCAI	PFVAG	PFERG	PFETA				
1	31.	0.0	56.410	0.0	41.667	0.0	0.0	0.0	0.0				
2	38.	0.0	54.116	0.0	44.308	0.0	0.0	0.0	0.0				
3	50.	1.176	13.333	0.0	84.706	0.0	0.0	0.0	0.0				
4	67.	3.986	69.928	0.0	21.739	0.0	0.0	0.0	0.0				
5	79.	0.0	0.0	0.0	93.069	0.0	0.0	0.0	0.0				
6	94.	0.0	2.778	0.0	63.889	0.0	0.0	0.0	5.556				
7	103.	0.0	0.408	0.0	48.571	0.0	0.0	0.0	5.306				
8	117.	0.0	11.538	0.0	50.256	0.0	0.0	0.0	2.051				
9	129.	0.0	2.974	0.0	52.416	0.0	0.0	0.0	0.0				
10	145.	0.0	0.0	0.0	41.908	0.0	0.0	0.0	0.0				
11	155.	0.0	0.0	0.0	43.804	2.882	0.0	1.729	7.781				

Anhang B4

GAMASINA - ABUNDANZ IN IND/BM, 0 - 4 CM

SUKZESSIONSFLÄCHE

CASE-N	IATUM	ADIC	MCAR	HCLA	HANG	SNEC	ACET	AMIN	RSIL	PUNG	PIERD	PETA	FFIM
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	15.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	23.	0.	0.	0.	0.	0.	14.	0.	31.	0.	0.	0.	0.
5	31.	0.	0.	0.	0.	0.	14.	0.	43.	0.	0.	0.	0.
6	38.	0.	0.	0.	0.	33.	1033.	0.	143.	0.	0.	0.	0.
7	50.	0.	0.	0.	0.	0.	433.	0.	833.	0.	0.	0.	0.
8	67.	0.	0.	0.	0.	567.	3467.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	79.	0.	0.	0.	0.	800.	3520.	0.	300.	0.	0.	0.	0.
10	94.	0.	0.	0.	0.	0.	880.	160.	1040.	0.	0.	0.	0.
11	103.	0.	40.	0.	0.	0.	400.	0.	800.	0.	0.	0.	0.
12	117.	0.	50.	0.	0.	0.	210.	0.	700.	0.	0.	0.	0.
13	129.	0.	50.	0.	0.	0.	2350.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
14	145.	44.	0.	50.	0.	0.	0.	0.	1111.	0.	44.	0.	0.
15	155.	0.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	250.	50.	0.	50.	0.

CASE-N	IATUM	ADIT	ADKA	ATEN	ANOL	RCOR	RANC	IBNU	PSUE	FLUN	PARA	WELA	WIP
1	15.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	15.	0.	0.	0.	0.	0.	44.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	32.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	40.	0.	0.	0.
12	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	450.	0.	0.	0.
13	129.	0.	50.	0.	200.	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	50.
14	145.	0.	0.	0.	0.	0.	133.	0.	44.	0.	0.	0.	0.
15	155.	0.	0.	0.	0.	0.	300.	50.	0.	0.	44.	0.	0.

CASE-N	IATUM	ACOR	LBOR	SBOR	SSER	PGUI	PCRA	PSEP	PCAT
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	15.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	94.	0.	0.	0.	0.	0.	600.	1160.	40.
11	103.	0.	0.	40.	0.	0.	160.	40.	0.
12	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	129.	100.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	50.
14	145.	0.	0.	0.	0.	0.	178.	0.	44.
15	155.	0.	0.	50.	0.	50.	0.	100.	0.

GAMASINA - A B U N D A N Z IN IND/CH, 4 - 8 CH
SUKSESIONSFLEACHE

CASE-N	DATE	ASIC	NDAR	HCLA	HANG	SNEC	ACEY	AMIN	RSIL	PVAG	PERG	PCTA	FTIM
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	67.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	2200.	0.	600.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	0.	400.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	300.	0.	100.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.	1800.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.	1133.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	200.	0.	1467.	0.	0.	0.	0.
11	117.	0.	0.	0.	0.	0.	67.	0.	2333.	0.	67.	0.	0.
12	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3520.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	80.	0.	0.	0.	1733.	0.	0.	0.	0.
14	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATE	AUBT	ADNA	ATEN	AMEL	RDDR	RANC	IEND	PSUE	PLIN	PARA	UPLA	NET
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	0.	0.	80.	0.	80.	0.	0.	0.	0.
14	155.	0.	0.	0.	0.	0.	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATE	ADOR	LEER	SBOR	SSER	PQUI	PCRA	PSEP	PCAT
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	300.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	133.	0.	0.
11	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
14	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

GAMASINA - A B U N D A N Z I N I N D O M, 8-12 CH
SUKSESIONSFLAECHE

CASE-N	DIATUM	ASIC	MCAR	HOLA	HANG	SNEC	ACET	AMIN	RSTL	FWAB	PERB	PETA	PFIM
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	33.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1067.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	267.	0.	533.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	467.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.	500.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	700.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	0.	0.	0.	0.
11	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	800.	0.	0.	0.	0.
12	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1300.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	3600.	0.	0.	0.	0.
14	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2100.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DIATUM	ADBT	ADKA	ATEN	AMBL	RQOR	RANC	IEED	PSUE	PLUN	PARA	VPLA	NIE I
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
14	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DIATUM	ACOR	LEER	SBOR	SSER	FQUI	PCRA	PSEP	PCAT
1	13.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	17.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	23.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
14	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

GAMASINA - A B U N D A N Z I N I N D / Q M , 0 - 4 C M

R E K U L T I V I E R U N G S F L A E C H E

CASE-N	DATUM	ASIC	MCAR	HCLA	HANG	RCOR	RANC	DEND	PSUE
1	31.	67.	0.	0.	0.	0.	33.	0.	0.
2	38.	167.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	40.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	33.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	178.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	400.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	50.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	AOBT	AOKA	ATEN	AMBL	PQUI	PCRA	PSEP	PCAT
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	33.	33.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	36.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	0.	360.	280.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	0.	400.	267.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	0.	0.	444.	178.	0.
9	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	50.	150.	50.	0.	100.

CASE-N	DATUM	ACOR	LBOR	SBOR	SSER	PVAG	PERG	PETA	PFIM
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	133.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	67.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	400.	0.	0.	0.	320.	40.
7	103.	0.	0.	400.	0.	0.	0.	433.	0.
8	117.	0.	0.	889.	0.	0.	0.	178.	44.
9	129.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	978.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	1250.	0.	0.	100.	450.	0.

CASE-N	DATUM	SNEC	ACET	AMIN	RSIL	PLUN	PARA	VPLA	NDET
1	31.	0.	1433.	0.	367.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	6167.	0.	700.	0.	0.	0.	0.
3	50.	100.	900.	0.	567.	0.	0.	0.	0.
4	67.	367.	6233.	0.	267.	167.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	1382.	0.	0.	0.	109.
6	94.	0.	160.	0.	680.	200.	0.	40.	40.
7	103.	0.	33.	0.	367.	100.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	622.	400.	133.	133.	0.
9	129.	0.	0.	0.	50.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	1467.	0.	0.	44.	0.
11	155.	0.	0.	0.	200.	50.	0.	100.	0.

GAMASINA - ABUNDANZ IN IND/OM, 4 - B CM

REKULTIVIERUNGSFLAECHEN

CASE-N	DATUM	ABIC	HCAR	HCLA	HANG	RCOR	RANC	DEND	PSUE
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	800.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	67.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	200.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	240.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	267.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	ADBT	AOKA	ATEN	AMBL	POUI	PCRA	PSEP	PCAT
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	100.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	67.

CASE-N	DATUM	ACOR	LBKR	SBOR	SSER	PVAG	PERG	PETA	PFIM
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	160.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	SNEC	ACET	AMIN	RSIL	PLUN	PARA	VPLA	NDET
1	31.	0.	1100.	0.	1400.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	3600.	0.	3200.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	100.	0.	1700.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	200.	0.	800.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	2200.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	1500.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	2000.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	1000.	0.	1200.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	133.	0.	800.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	1920.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	533.	0.	67.	0.	0.

GAMASINA - ABUNDANZ IN IND/GM, 8 - 12 CM

REKULTIVIERUNGSFLAECHE

CASE-N	DATUM	ASIC	MCAR	HCLA	HANG	RCOR	RANC	DEND.	PSUE
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	1733.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	400.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	200.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	500.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	500.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	AOBT	AOKA	ATEN	AMBL	PQUI	PCRA	PGLP	PCAT
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	267.	0.
9	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	ACOR	LBOR	SBOR	SSEK	PVAB	PERG	PETA	PTIM
1	31.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	100.	0.	0.	0.	0.	0.
6	94.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	145.	100.	0.	400.	0.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	SNED	ACET	AMIN	RSIL	PLUN	PARA	VFLA	NDET
1	31.	0.	400.	0.	400.	0.	0.	0.	0.
2	38.	0.	533.	0.	4533.	0.	0.	0.	0.
3	50.	0.	133.	0.	4933.	0.	0.	0.	0.
4	67.	0.	0.	0.	933.	0.	0.	0.	0.
5	79.	0.	0.	0.	2400.	0.	0.	0.	100.
6	94.	0.	0.	0.	1500.	0.	0.	0.	0.
7	103.	0.	0.	0.	1600.	0.	0.	0.	0.
8	117.	0.	0.	0.	2533.	0.	0.	0.	0.
9	129.	0.	0.	0.	1500.	0.	0.	0.	0.
10	145.	0.	0.	0.	1200.	0.	0.	0.	0.
11	155.	0.	0.	0.	1800.	0.	0.	0.	0.

CASE-N	DATUM	FASFC	PMCAR	PNOLA	PMANG	PRCOR	PRANC	PRENU	PRSUM	PRFTM	PPLUN	PRPAR	PAFLA
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.333	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.724	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	57.	0.0	0.0	0.763	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	64.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.020	0.0	0.0
10	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	103.	0.0	2.703	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	117.	0.0	1.639	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.724	0.0	0.0
13	129.	0.0	0.0	1.389	0.0	1.389	8.108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	145.	2.703	0.0	0.0	0.0	0.0	31.579	2.703	2.703	0.0	0.0	2.703	0.0
15	155.	0.0	5.263	0.0	0.0	0.0	0.0	5.263	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	FAOKA	FANEL	FACOR	FSOKK	PRQUI	PRORA	PRSEP	PRNET
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	57.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	64.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.306	29.592	0.0
11	103.	0.0	0.0	0.0	2.703	0.0	10.811	2.703	0.0
12	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	129.	1.389	5.556	2.778	0.0	0.0	0.0	0.0	1.389
14	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.811	0.0	0.0
15	155.	0.0	0.0	0.0	5.263	5.263	0.0	10.526	0.0

CASE-N	DATUM	FSNEC	FACET	FANIN	PRSIL	PRCAT	PRVNG	PRERG	PRETA
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.	0.0	0.0	0.0	46.667	0.0	0.0	0.0	0.0
3	17.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
4	23.	0.0	25.000	0.0	75.000	0.0	0.0	0.0	0.0
5	31.	0.0	50.000	0.0	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0
6	38.	1.724	53.448	0.0	43.103	0.0	0.0	0.0	0.0
7	50.	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	57.	12.977	77.389	0.0	6.879	0.0	0.0	0.0	0.0
9	64.	0.871	8.108	0					

DOMINANZ - DOMINANZ IN % 4 - 8 CH
SUKZESSIONSFLÄCHE

CASE-N	IATUM	FASIC	FMDAK	FMELA	FMANG	FMORR	FMANC	FMEND	FMQUE	FMTHM	FMFLN	FMFNA	FMFTA
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.704	0.0	2.038	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	IATUM	FADKA	FAMEL	FADOR	FSDOR	FFRLI	FFORA	FFSET	FMET
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	49.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.091	13.034	0.0
11	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	IATUM	FSNEC	FACET	FAMIN	FSRII	FFCAT	FFVAG	FFTRG	FMFTA
1	13.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	78.571	0.0	21.429	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	60.000	0.0	40.000	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	60.000	0.0	40.000	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	8.333	0.0	91.667	0.0	0.0	0.0	0.0
9	79.	0.0	4.545	0.0	81.818	0.0	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	13.636	0.0	77.273	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	2.703	0.0	94.595	0.0	0.0	2.703	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	93.617	0.0	0.0	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	96.296	0.0	0.0	0.0	0.0

GAMASINA - DOMINANZ IN X, B - 12 CH
SUKSESIONSFLAECHE

CASE-N	DIATUM	FASIC	FMCAR	FMELA	FMANG	FMORR	FMANC	FMENU	FMQUE	FMFIM	FMFIN	FMARA	FMOLA
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.703	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DIATUM	FADKA	FAMBL	FACOR	FSEOR	FMQUI	FMORA	FMSEP	FMET
1	13.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DIATUM	FMSEC	FACET	FAMIM	FMSEL	FMCAT	FMVAS	FMERG	FMETA
1	13.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
3	23.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	38.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
6	50.	0.0	33.333	0.0	66.667	0.0	0.0	0.0	0.0
7	67.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
8	79.	0.0	20.000	0.0	80.000	0.0	0.0	0.0	0.0
9	94.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
10	103.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
11	117.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
12	129.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
13	145.	0.0	0.0	0.0	97.297	0.0	0.0	0.0	0.0
14	155.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0

GAMASINA - DOMINANZ IN %, 0 - 4 CM
REKULTIVIERUNGSFLAECHE

CASE-N	DATUM	PASIC	PMCAR	PMCLA	PMHNG	PPQUI	PPCRA	PPSEP	PPCEL
1	31.	3.509	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	2.326	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.930	0.0	0.0	0.0	0.0	0.465	0.465	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.381	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	1.563	14.063	10.938	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	1.639	19.672	13.115	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	5.556	0.0	13.889	5.556	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	13.846	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	1.961	5.882	1.961	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	PACKA	PAMKL	PACDR	PSDR	PPCAT	PPVAG	PPERG	PPCTA
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	1.860	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	4.082	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	15.625	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	19.672	0.0	0.0	0.0	12.500
8	117.	0.0	0.0	0.0	27.778	0.0	0.0	0.0	71.311
9	129.	0.0	0.0	0.0	96.970	0.0	0.0	0.0	5.556
10	145.	0.0	0.0	0.0	33.846	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	1.961	0.0	49.020	3.922	0.0	3.922	17.647

CASE-N	DATUM	PSNEC	PACET	PAMIN	PRSIL	PPFIM	PPLUN	PPARA	PVPLA
1	31.	0.0	75.439	0.0	19.298	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	86.046	0.0	9.767	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	6.122	55.102	0.0	34.694	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	5.116	86.977	0.0	3.721	0.0	2.326	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	90.476	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	6.250	0.0	26.563	1.563	7.813	0.0	1.563
7	103.	0.0	1.639	0.0	18.033	0.0	4.918	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	19.444	1.389	12.500	4.167	4.167
9	129.	0.0	0.0	0.0	3.030	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	50.769	0.0	0.0	0.0	1.538
11	155.	0.0	0.0	0.0	7.843	0.0	1.961	0.0	3.922

CASE-N	DATUM	PRDR	PRANC	PREND	PPSUE	PMDET
1	31.	0.0	1.754	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	7.143
6	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.563
7	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

DAMASINA - DOMINANZ IN %, 4 - 8 CM
REKULTIVIERUNGSFLÄCHE

CASE-N	DATUM	PASIC	FMCAR	FMCLA	FMHNG	PPQUI	PPCRA	PPSEP	PPCEL
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.091	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	6.250	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	28.571	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	2.941	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	17.647	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	10.345	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	28.571	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	PADKA	PANBL	PACDR	PBBOR	PPCAT	PPVAG	PPERG	PPETA
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	4.348	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	6.897	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	7.143	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	PSNEC	PACET	PAMIN	PRBIL	PPFIM	PPILUN	PPARA	PPULA
1	31.	0.0	44.000	0.0	56.000	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	52.941	0.0	47.059	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	5.556	0.0	94.444	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	18.182	0.0	72.727	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	75.652	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	93.750	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	71.429	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	44.118	0.0	52.941	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	11.765	0.0	70.588	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	82.759	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	57.143	0.0	0.0	7.143	0.0

CASE-N	DATUM	PRCOR	PRANC	PRIND	PPSUE	PRNET
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

GAMAŠINA - DOMINANZ IN %, 8 - 12 CM
REKULTIVIERUNGSFLÄCHE

CASE-N	DATUM	FASIC	FMCAR	FMCLA	FMHNG	PPQUI	PPCRA	PPSEP	PPCEL
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	6.250	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	52.000	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	12.500	0.0	0.0	8.333	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	11.745	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	22.727	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	21.739	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	PAOKA	PAMEL	FACOR	PSBOR	PPCAT	PPVAB	PPFRB	PPETA
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	3.846	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	4.545	18.182	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	PSNEC	PACET	PAMIN	FRSIL	PPFIM	PPLUH	PPARA	PVILA
1	31.	0.0	50.000	0.0	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	10.526	0.0	89.474	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	2.632	0.0	97.368	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	100.000	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	92.308	0.0	0.0	0.0	0.0
6	94.	0.0	0.0	0.0	93.750	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	48.000	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	79.167	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	88.235	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	54.545	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	78.261	0.0	0.0	0.0	0.0

CASE-N	DATUM	PRCOR	FRANC	PIDEID	PPSUE	PNIET
1	31.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	38.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	50.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	67.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	79.	0.0	0.0	0.0	0.0	3.846
6	94.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	103.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	117.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	129.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	145.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	155.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

VERHAELTNIS JUVENILE / ADULTE A.CETRATUS, RSILESIACUS

6= S U K, 7= R E K, NACH "HORIZONTEN" AUFGEGLIEDERT:

1= 0-4 CM, 2= 4-8 CM, 3= 8-12 CM

DATUM	HERKUNFT	HORIZONT	JACET	JRSIL	HORIZONT	JACET	JRSIL	HORIZONT	JACET	JRSIL
13.	6.	1.	0.0	0.0	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.0
17.	6.	1.	0.0	0.0	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.0
23.	6.	1.	1.000	1.000	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.0
31.	6.	1.	0.250	0.750	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.0
38.	6.	1.	0.581	0.560	2.	0.682	0.333	3.	0.0	0.0
50.	6.	1.	0.769	0.0	2.	0.333	0.250	3.	0.0	0.750
57.	6.	1.	0.837	0.0	2.	0.333	0.0	3.	0.0	0.250
79.	6.	1.	0.500	0.286	2.	1.000	0.364	3.	0.0	0.200
94.	6.	1.	0.364	0.192	2.	0.0	0.278	3.	0.0	1.000
103.	6.	1.	0.600	0.100	2.	1.000	0.039	3.	0.0	0.429
117.	6.	1.	0.571	0.0	2.	0.0	0.045	3.	0.0	0.0
129.	6.	1.	0.213	0.357	2.	0.0	0.657	3.	0.0	0.615
145.	6.	1.	0.0	0.040	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.056
155.	6.	1.	0.0	0.0	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.0

DATUM	HERKUNFT	HORIZONT	JACET	JRSIL	HORIZONT	JACET	JRSIL	HORIZONT	JACET	JRSIL
31.	7.	1.	0.256	0.545	2.	0.182	0.429	3.	0.667	0.667
38.	7.	1.	0.405	0.381	2.	0.417	0.375	3.	0.750	0.500
50.	7.	1.	0.778	0.235	2.	0.0	0.412	3.	0.0	0.270
67.	7.	1.	0.786	0.125	2.	0.500	0.125	3.	0.0	0.143
79.	7.	1.	0.0	0.605	2.	0.0	0.636	3.	0.0	0.667
94.	7.	1.	0.250	0.176	2.	0.0	0.267	3.	0.0	0.0
103.	7.	1.	0.0	0.0	2.	0.0	0.100	3.	0.0	0.0
117.	7.	1.	0.0	0.0	2.	0.933	0.0	3.	0.0	0.0
129.	7.	1.	0.0	0.0	2.	0.500	0.167	3.	0.0	0.333
145.	7.	1.	0.0	0.061	2.	0.0	0.042	3.	0.0	0.0
155.	7.	1.	0.0	0.0	2.	0.0	0.0	3.	0.0	0.0

Ökologische Informationen über die gefundenen Gamasina-Arten
(aus den Befunden abgeleitet und aus verschiedenen Quellen).

01. *Alliphis siculus* (OUDEMANS, 1905)

Regelmäßig in Acker- und Grünlandböden, wiederholt in Kompost-erden, Exkrementen, spärlich in Waldböden; bevorzugt in Schwarzerdeböden und in stärker verrottetem Material; als Pionier und mit *A. cetatus* zusammen gefunden. Verbreitung: auf Geotrupes-Arten, die allen Entwicklungsstadien als Tragwirte dienen; Ernährung: auf Nematoden spezialisiert (Vertilgung von Kartoffelnematoden). Biotop: bevorzugt mäßig feuchte Substrate; auch bei frühen Sukzessionsstadien in trockenen Biotopen (staunaß?).

02. *Macrocheles carinatus* (C.L.KOCH, 1839), (*M. hypochthonius* OUDEMANS, 1913) (*Notrholaspis hulli* FALCONER, 1923)

Spärlich vertreten in Mischwäldern, z.T. in Sumpfgeländen, in Humus und in der Vermoderungsschicht, in Moos. Naßwiese. Frißt Eier, Larven, Puppen von Insekten, Aas.

04. *Hypoaspis claviger claviger* (BERLESE, 1883), (*H. macroanalisis* (BERNHARD, 1955) HIRSCHMANN, 1966)

In vermoderter Streu und verrottetem Holz, in Abfallhaufen. Trockentolerant (im Labor und auf der Deponie gefunden).

05. *Hypoaspis nollii* KARG, 1962

Spärlich vertreten in Acker- und Wiesenböden sowie im Laub- und Mischwald, besonders in Sumpfgeländen; in humosen und lehmigen Sandböden, im Wurzelfilz, in vermoderndem Laub, Schilf und Quellmoos; bevorzugt mäßig feuchtes bis sehr feuchtes Substrat.

06. *Hypoaspis angusta* KARG, 1965

Seltene Art im Wiesenboden, humosen Sandboden. Tiefenbewohner auf trockener Bauschuttdeponie.

07. *Amblyseius obtusus* (C.L.KOCH, 1839), (*Zercon obtusus* C.L.KOCH, 1839; *Amblyseius obtusus sensu* SELLNICK, 1958; *Typhlodromus affatissus* WAINSTEIN, 1960; *Amblyseius obtusus sensu* KARG, 1960)

Wiederholt vertreten in Wiesenböden und auf Gräsern, spärlich im Laubwald; in vermodernder Streu, in Moos mit Humus; bevorzugt mäßig feuchte Substrate.

11. *Ameroseius corbiculus* (SOWERBY, 1806), (*Acarus corbicula* SOWERBY, 1806; *Seius echinatus* C.L.KOCH, 1839; *Seius hirsutus* BERLESE, 1887; non *Seius muricatus* C.L.KOCH, 1939).

Wiederholt vertreten in Ackerböden (Luzerne, Hackfrüchte), Wiesenböden; spärlich im Laubwald; in schweren wie in leichten Böden; in Laubstreu, in Moos, in Baummulm, in vermodernden Pflanzenresten und in altem Kuhmist. Bevorzugt feuchte Substrate.

16. *Sejus necorniger* (OUDEMANS, 19030;

Stenotop über gesamten Salzwiesengradient. Vivipar?
Früher Besiedler von Bauschuttdeponie.

17. *Arctoseius cetatus* (SELLNICK, 1940), (*Arctoseius bispinatus* WEIS-FOGH, 1947; *Arctoseius halophilus* WILLMANN, 1949; *Arctoseius erlangensis* (HIRSCHMANN, 1951; SELLNICK, 1958).

Regelmäßig vertreten in Wiesenböden, Ackerböden mit Kartoffeln, Kohl, Luzerne, Brache, wiederholt in Komposterden, spärlich vertreten in Laub- und Mischwäldern, in Löß- und Kalkböden, in stärker verrottetem Kompostmaterial, in vermodernder Streu, in der Vermoderungsschicht, im Humus zwischen Graswurzeln; bevorzugt mäßig feuchtes Substrat; als Pionier auch auf trockenen Flächen zu finden; tolerant gegenüber Wechselfeuchte; gastolerant?

21. *Leiioseius bicolor* (BERLESE, 1948), (*Digamasellus circuliformis* LEITNER, 1946)
Spärlich in Ackerböden (humoser Sand, sandiger Lehm mit Getreide, Klee gras) und in Wiesenböden, wiederholt vertreten in Laub- (Buche) und Nadelwäldern; im Humus, in vermodernder Streu, in Moos, Baummulm; auch in Pferde-, Kuh- und Kaninchenmist; bevorzugt mäßig feuchte bis trockene Substrate.
22. *Leitneria pugio* (KARG, 1961)
Spärlich vertreten in Wiesenböden und in Ackerböden (mit Kartoffeln und Luzerne); in Schwarzerdeböden wie in Sand- und Lehm Böden; bevorzugt mäßig feuchtes bis trockenes Substrat; meidet starke Verdichtung und arme Substrate.
23. *Zercon* (*Mixozircon*) *sellnicki* (SCHWEIZER, 1948), (*Mixozircon sellnicki* (SCHWEIZER, 1948); HALASKOVA, 1963)
Vorwiegend in Bodenproben von trockenen Hochgebirgswiesen, in Humus zwischen Wurzeln, auch in Nadel- und Laubstreu sowie in Moos-polstern. In Naßwiesen der Umgebung Bremens.
25. *Rhodacarus coronatus* BERLESE, 1921 (*R. coronatus* f. *typica* sensu ATHIAS-HENRIOT, 1961).
Wiederholt vertretene Art in Waldböden, spärlich in Wiesenböden; in Humus von Graswurzeln, Nadelstreu, Moos und Flechten; Als Charakterart in Naßwiesen der Umgebung Bremens. Nahrung: Collembolen (*Tullbergia*) und Nematoden.
26. *Rhodacarus ancorae* KARG, 1971
Spärlich vertretene Art in Naturschutzgebieten, im Humus von Graswurzeln, Moos und Nadelstreu sowie in der Vermoderungsschicht unter Laubstreu. Als Pionier auf Bauschuttdeponie (trockener Standort).
24. *Rhodacarellus silesiacus* WILLMANN, 1935. Regelmäßig vertreten in Acker- und Wiesenböden, spärlich im Kompost und in Waldböden, vermag noch im Sand an der Küste mit geringen Humusspuren zu existieren, in humosen Sandböden, aber auch in lehmigen und kalkhaltigen Böden sowie in koprogenem Humus, bevorzugt mäßige Feuchtigkeit, Pionier; Nahrung: Nematoden und Collembolen.
27. *Protogamasellus primitivus* KARG, 1962. Wiederholt vertretenen Art in stärker verrotteter Komposterde, spärlich vertreten in Acker- und Wiesenböden, selten in Waldgebieten, vermag in humosen Sandböden, im sandigen Lehm sowie in Schwarzerde zu existieren.
28. *Dendroseius reticulatus* SHEALS, 1956
(*Dendrolaelaps scotarius* SHEALS, 1958).
Spärlich vertretene Art in Wald- und Wiesenböden, in Humus, von vermodernder Streu und zwischen Graswurzeln, vermag auch im humosen Sand und im Dünsand mit Strandhafer zu existieren (Ostsee), bevorzugt wird trockenes bis mäßig feuchtes Substrat. Charaktertier von Naßwiese Blockland, Bremen.
Nahrung: Collembolen und deren Eier.
29. *Dendrol. foveolatus* (LEITNER, 1949)
(*Dendrolaelaps hirschmanni* KARG, 1962)
In Komposterde und Dung sowie in gedüngten Ackerböden spärlich vertreten, selten Art in Wiesen- und Laubwaldböden, vorwiegend in Schwarzerdeböden bzw. Humus und vermodernder Streu, bevorzugt mäßig feuchtes Substrat.
30. *Dendrol. strenzkei* HIRSCHMANN, 1960
Wiederholt vertretene Art in Acker- und Wiesenböden, spärlich in Komposterden und in Frühbeeten sowie Laubwaldbeständen, sowohl in Sandböden wie auch in schweren Kalk- und Schwarzerdeböden. Im Kompost kommt die Art dann zur verstärkten Vermehrung, wenn das Material stärker verrottet ist. In Humus u. vermodernder Streu, auch im Nest von *Formica rufa*.

31. *Dendrol. angulosus* (WILLMANN, 1936), Spärlich vertretene Art in Wiesenböden und in Komposterde, kommt im stärker verrotteten Kompostmaterial zur Vermehrung, bevorzugt mäßig feuchtes Substrat.
32. *Dendrol. rotundus* HIRSCHMANN, 1960
Spärlich vertretene Art im Laubwald, in Humus, vermodernder Streu, im Humus von Moos, auch im Nest von *Formica rufa*, bevorzugt mäßig feuchtes Substrat, findet sich aber auch noch in triefend nassem Material (Erlenbruch). Auf Deponiealtfläche gefunden (trocken).
34. *Pergamasus suecicus* (TRÄGARDH, 1936), (*Leptogamasus suecicus* TRÄGARDH, 1936).
Auftreten: Wiederholt in Acker-, Wiesenböden, Laub-, Mischwäldern. In schweren kalkhaltigen und in Schwarzerdeböden, in Humus, vermodernder Streu, Humus von Moos und Wurzeln, Baummulm. Bevorzugt mäßig feuchte Substrate.
36. *Pergamasus crassipes* (LINNÉ, 1758), (*Acarus testudinarius* HERMANN, *Gamasus quinquespinosus* KRAMER, *Gamasus fungorum* MEGNUS, *Holotaspis testudo* J. MÜLLER, *Pergamasus longicornis* BERLESE, 1906 sensu BHATTACHAR., 1963).
Wiederholt vertreten in: Wiesen, Grünfutter-, Getreideflächen, Laub-, Nadelwäldern, humosen Sandböden, Kalk-, und Lehm Böden, Streuschicht, vermodernden Blättern, Humus, Moos, Flechten, vermoderndem Holz. Bevorzugt mäßig feuchtes Substrat, aber auch in sehr feuchten triefend nassen und trockenen Substraten.
Nahrung: speziell Collembolen.
37. *Pergamasus septentrionalis* (OUDEMANS, 1902), (*Gamasus* (*Amblygamasus*) *septentrionalis* OUDEMANS var. *norvegicus* BERLESE, 1905).
Wiederholt in: Acker- und Wiesenböden, Laub- und Nadelwäldern, Komposterde, Sand-, Lehm-, Schwarzerdeböden, Streuschicht, Humus von Moos und Wurzeln, Quellmoos, Baummulm. Bevorzugt mäßig feuchtes Substrat, findet sich aber auch in sehr nassen und trockenen Substraten.
Nahrung: Collembolen und Dipterenlarven.
- .. *Pergamasus conus* KARG, 1970, (*Pergamasus runcatellus* s. KARG, 1963, 1965 und MICHERDZINSKI, 1969)
Wiederholt in: Acker- und Wiesenböden, Laub- und Nadelwäldern. Spärlich in: Komposterden. In Sand- und Lehm Böden in Humus, vermodernder Streu, Moos, Baummulm, Kompost, stärker verrottete Materialien. Bevorzugt mäßig feuchtes bis trockenes Substrat.
38. *Pergamasus misellus* BERLESE, 1904, (*Pergamasus brevipes* MICHERDZINSKI, 1969)
Wiederholt in: Acker- und Wiesenböden. Spärlich in: Komposterden und Laubwäldern. In Sandböden, Schwarzerdeböden, in stärker verrottetem Kompostmaterial, in Humus von Moos, zwischen Wurzeln und vermodernder Streu.
Bevorzugt mäßig feuchte bis trockene Substrate.
39. *Pergamasus nasellus* KARG, 1968
Spärlich in: Laubwald; im Humus zwischen den Wurzeln. Bevorzugt sehr feuchtes Substrat. Naßwiese Blockland.

40. *Pergamasus celticus* BHATTACH., 1963.
Seltene Art in feuchte Wiesenböden und im Nadelwald. Im Humus an Binsenwurzeln und in der Streuschicht. Naßwiese Blockland.
41. *Pergamasus runciger* BERLESE, 1904
Spärlich vertreten in Wiesenböden, Laub- und Nadelwald. Im Humus zwischen Wurzeln und im Humus von Moos, in vermodernder Streu. Bevorzugt feuchte Substrate.
42. *Pergamasus runcatellus* (BERLESE, 1903), (*Pergamasus teutonicus* WILLMANN, 1956).
Wiederholt in: Laub- und Nadelwäldern. Spärlich in: Acker- und Wiesenböden. In vermodernder Streu; im Humus von Moos und Wurzeln, vermoderndem Holz, humosen Sandböden, Lehm Böden. Bevorzugt mäßig feuchtes Substrat, findet sich aber auch in trockenen Materialien und tiefend nassem Quellmoos. Eurytope Art: auf vielen verschiedenen Flächen gefunden.
43. *Pergamasus vagabundus* KARG, 1968, (*Pergamasus mniophilus* MICHERDZINSKI, 1969)
Wiederholt in: Laub-, Nadel-, und Mischwäldern. Spärlich in: Acker-, Wiesenböden, Komposterden. In lehmigen und anmoorigen Böden, vermodernder Streu, Humus von Moos und Baummulm, stärker verrottete Kompostmaterialien. Bevorzugt mäßig feuchtes bis sehr feuchtes Substrat, auch in Quellmoos und trockenen Substraten.
47. *Parasitus berlesei* (WILLMANN, 1935), (*Eugamasus magnus* BERLESE, 1905 non syn. E. magnus KRAMER, 1976 und E. magnus BERLESE, 1892).
Spärlich in: Ackerböden, im Laubwald in stark verrotteten Exkrementen. In lehmhaltigen Böden, Humus mit Wurzeln oder Moos. Bevorzugt mäßig feuchtes bis sehr feuchte Substrat.
49. *Veigaia planicola* (BERLESE, 1892), (*Cyrtolaelaps nemorensis* var. *planicola* BERLESE, 1892; *Veigaia serrata* WILLMANN, 1936).
Wiederholt in: Ackerböden. Spärlich in: Laub-, Nadelwäldern, Komposterden. Vorwiegend in schweren Böden, vermodernder Streu, Humus, Moos, besonders in stärker verrotteten organischen Materialien. Bevorzugt mäßig feuchtes Substrat. Trockene Deponieabdeckschicht.
50. *Veigaia exigua* (BERLESE, 1917), (*Cyrtolaelaps exiguus* BERLESE 1917).
Wiederholt in: Acker- und Wiesenböden, Laub- und Nadelwäldern. Spärlich in Komposterden. In leichten und schweren Böden, humusartigen Substraten (Streu, Moos, Wurzeln, Sand), vor allem in stärker verrotteten organischen Materialien, in Nagetiernestern. Bevorzugt mäßig feuchtes bis sehr feuchtes Substrat.

L E B E N S L A U F

- 8.5.1951 geboren in Würzburg
- Herbst 1957 Eintritt in die Prinzregenten-Volksschule , Erlangen
- 20.6.1970 Reifeprüfung am Ohm-Gymnasium , Erlangen
- WS 1970/71 Studienbeginn an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU), Erlangen, Biologie (Diplom)
- 7.9.1973 Vordiplom Biologie an der FAU
- WS 1973/74 Studienbeginn an der Georg-August-Universität, Göttingen
- Jan. 1976 Ökologische Studienreise mit Prof. Dr. G.Rüppell und Dr. W. D'Oleire-Oltmanns nach Ostafrika
- 7.8.1976 Diplom-Hauptprüfung an der Georg-August-Universität Göttingen mit Gesamtnote 1,
- Sept.1976- Studienaufenthalt (EAP/Fulbright-Stipendium) an der University of California, Santa Barbara, CA, USA bei Profs. Connell und
- Sept. 1977 Murdoch.
- WS 1977/78 Studium für das höhere Lehramt, Biologie, Chemie, Erziehungswissenschaften an der GAU-Göttingen
- Dez. 1977 Staatsexamen in Biologie, Chemie, Erz.wissenschaften an der GAU-Göttingen mit Auszeichnung
- Jan. 1978 Beginn des Promotionsstudiums an der Universität Bremen bei Prof. Dr. G. Weidemann
- Oktober 1984 Fertigstellung der Dissertation: "Methodische, ökologische und experimentelle Untersuchungen zur Sukzession der Mesofauna der Abdeckschicht einer Rauschuttdeponie unter besonderer Berücksichtigung der Gamasina (Acari,Parasitiformes)."
- 13.11.1984 Promotion

